Untersuchungen über die Entwicklung tagesperiodischer Veränderungen des elektrischen Hautwiderstandes im Kindesalter

Siegfried Stotz

1961

Aus der Kinder-Poliklinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. G. Weber

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ENTWICKLUNG TAGESPERIODISCHER VERÄNDERUNGEN DES ELEKTRISCHEN HAUTWIDERSTANDES IM KINDESALTER

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians - Universität
zu München

vorgelegt von

Siegfried Stotz

aus Ravensburg

München 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof. Dr. Th. Hellbrügge

Korreferent: Prof. Dr. G. Weber

Dekan: Prof. Dr. Dr. H. Eyer

Tag der mündlichen Prüfung: 20. 6. 61

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

"UNI" - Druck, München 13, Amalienstraße 85

MEINEN ELTERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555614_0007

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
EINLEITUNG		1
A	DIE UNTERSUCHUNG DES ELEKTRISCHEN HAUTWIDERSTANDES (EL. HW) IN DER LITERATUR	3
	I. Zur Physiologie des el. HW	3
	II. Die Messung des el. HW	11
	III. Faktoren, die den el. HW beeinflussen	15
	1. Durchfeuchtung der Haut	15
	2. Klimatische Verhältnisse	17
	3. Haut- und Körpertemperatur	19
	4. Hautdurchblutung	20
	5. Körperliche Aktivität	21
	6. Ermüdung	23
	7. Schlaf und Schlaftiefe	24
	8. Psychische Einflüsse	25
	9. Geschlechtsunterschiede	25
	10. Tagesperiodik	26
	IV. Klinische Anwendung des el. HW	31
	V. Der el. HW im Kindesalter	36
	1. Unterschiedliches Verhalten des el. HW beim Kind	37
	2. Tagesperiodische Veränderungen des el. HW beim Kind	38
B	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	42
	I. Methodik	42
	1. Meßanordnung	42
	2. Versuchsanordnung	44
	3. Untersuchungsgut und Untersuchungsbedingungen	46
	4. Angewandte statistische Methoden	52
	II. Ergebnisse	53
	1. Der mittlere Tageshautwiderstand und seine Schwankungen	53
	a) Inter- und intraindividuelle Schwankungen	54
	b) Meßtechnische und klimatische Besonderheiten	55

Seite

c) Die Veränderung der absoluten Größe des el. HW in den verschiedenen kindlichen Altersstufen 56

2. Die Veränderungen des el. HW innerhalb einer 24-Stunden-Periode 59

a) Prozentuale Schwankungen des el. HW zu den einzelnen Tagesstunden 60

b) Die tagesperiodischen Veränderungen des el. HW in den verschiedenen kindlichen Altersstufen 61

aa) Gruppe I : Neugeborene der 1. Lebenswoche 61

bb) Gruppe II : Säuglinge der 2. -4. Lebenswoche 61

cc) Gruppe III : Säuglinge der 5. -18. Lebenswoche 65

dd) Gruppe IV : Säuglinge von 5-9 1/2 Monaten 65

ee) Gruppe V : Kleinkinder von 10-12 Monaten 66

ff) Gruppe VI : Kleinkinder von 13-23 Monaten 66

gg) Gruppe VII : Kleinkinder von 4-6 Jahren 68

hh) Gruppe VIII : Schulkinder von 8-14 1/2 Jahren 68

ii) Gruppe IX : Frühgeborene der 1. Lebenswoche 68

kk) Gruppe X : Frühgeborene d. 15. -24. Lebensw. 69

c) Die Entwicklung der Tagesperiodik des el. HW im Kindesalter 69

3. Statistische Beurteilung der Ergebnisse 70

4. Weitere Einflüsse auf den el. HW nach eigenen Untersuchungen 75

a) Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit 75

b) Schlaf und Schlaftiefe 78

c) Mahlzeiten 85

C BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE 87

ZUSAMMENFASSUNG 96

LITERATURVERZEICHNIS 98

NACHWORT 114

LEBENSLAUF

VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN

Tabelle I — Zahl der untersuchten Kinder und Tagesverläufe aufgeteilt nach Altersgruppen

Tabelle II — Beobachtungsgut

Tabelle III — Mittlerer Tageshautwiderstand der einzelnen Kinder und Altersgruppen an den verschiedenen Untersuchungstagen (arithmetisches Mittel aus den absoluten Widerstandswerten)

Tabelle IV — Mittlerer Hautwiderstand in den einzelnen Altersgruppen (Absolutwerte)

Tabelle V — Prozentuale Schwankungen des Hautwiderstandes um das Tagesmittel bei den einzelnen Kindern und Altersgruppen (Mittelwerte)

Tabelle VI — Statistische Prüfung der Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten (Nullhypothese)

Tabelle VII — Statistischer Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten und zwischen den verschiedenen Altersgruppen (Hypothese: Homogenität des Kollektivs)

Abbildung 1-10 — Prozentuale Schwankungen der Stundenmittelwerte des elektrischen Hautwiderstandes um das Tagesmittel in den einzelnen Altersgruppen:

Abb. 1 — Mittelwertskurve der Gruppe I: 1. Lebenswoche (13 Kinder, 65 Tagesverläufe)

Abb. 2 — Mittelwertskurve der Gruppe II: 2. -4. Lebenswoche (4 Kinder, 19 Tagesverläufe)

Abb. 3 — Mittelwertskurve der Gruppe III: 5. -18. Woche (19 Kinder, 87 Tagesverläufe)

Abb. 4 — Mittelwertskurve der Gruppe IV: 5-9 1/2 Monate (10 Kinder, 50 Tagesverläufe)

Abb. 5 Mittelwertskurve der Gruppe V: 10-12 Monate (9 Kinder, 47 Tagesverläufe)

Abb. 6 Mittelwertskurve der Gruppe VI: 13-23 Monate (9 Kinder, 56 Tagesverläufe)

Abb. 7 Mittelwertskurve der Gruppe VII: 4-6 Jahre (8 Kinder, 38 Tagesverläufe)

Abb. 8 Mittelwertskurve der Gruppe VIII: 8-14 1/2 Jahre (10 Kinder, 44 Tagesverläufe)

Abb. 9 Mittelwertskurve der Gruppe IX: Frühgeborene der 1. Lebenswoche (2 Kinder, 13 Tagesverläufe)

Abb. 10 Mittelwertskurve der Gruppe X: Frühgeborene der 15.-24. Lebenswoche (2 Kinder, 12 Tagesverläufe)

Abb. 11 Mittlere Tages-Äquivalenttemperatur an den verschiedenen Untersuchungstagen und prozentuale Schwankungen des mittleren Tageshautwiderstandes um das arithmetische Mittel des Beobachtungszeitraumes

Abb. 12 Prozentuale Verteilung von Schlafen und Wachen in den einzelnen Altersgruppen

Abb. 13 Prozentuale Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes und der tief schlafenden Kinder um das jeweilige Tagesmittel und Mahlzeitenverteilung in den einzelnen Altersgruppen

EINLEITUNG

Schon seit dem Ende des 18. Jahrhunderts war bekannt, daß der menschliche Körper Elektrizität leitet und daß sein Leitungswiderstand hauptsächlich in der Haut lokalisiert ist. Die Haut erwies sich jedoch einem konstanten Strom gegenüber nicht als einfacher Ohm'scher Widerstand im physikalischen Sinn. Es werden vielmehr, wie eine genaue Erforschung der Elektrophysiologie der Haut ergab, an ihren Zellmembranen durch Polarisation elektromotorische Gegenkräfte entwickelt, die der primär angelegten Spannung entgegengerichtet sind und einen sehr hohen "scheinbaren" Widerstand der Haut vortäuschen.

Dieser "scheinbare" elektrische Hautwiderstand (el. HW) stellt keine konstante Größe dar. Er hängt in besonderem Maße von der Meßmethode ab, er wird von vielen exogenen Faktoren beeinflußt und zeigt endogen bedingte, auf Veränderungen der biologischen Membraneigenschaften der Zellen zurückgehende Schwankungen, die entweder rasch und kurzdauernd erfolgen oder langsam über einen längeren Zeitraum hin ablaufen können.

In zahlreichen Untersuchungen wurde mit wechselnder Methodik der el. HW unter den verschiedensten Bedingungen studiert und seine Bestimmung durch Einzelmessungen oder fortlaufende Registrierung als klinische Funktionsprüfung für die medizinische Diagnostik nutzbar zu machen versucht.

Unter den Veränderungen des el. HW auf Grund endogener Voraussetzungen haben seit den Arbeiten von RICHTER (133) und REGELSBERGER (120) regelmäßige, rhythmische Schwankungen innerhalb eines Tages zunehmende Bedeutung gewonnen. Während sich die meisten Autoren mit pathologischen Abweichungen von einer angenommenen Normkurve beschäftigen, sind Veröffentlichungen über den physiologischen Ablauf der Tagesperiodik des el. HW wesentlich seltener und in Ergebnis und Deutung widersprechend.

Zur Beurteilung der uneinheitlichen Befunde hat in letzter Zeit RUTENFRANZ (138) an gesunden Erwachsenen den el. HW gemessen und einen 2-gipfligen rhythmischen Tagesverlauf gefunden. Ein ähnliches Kurvenbild ermittelten RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) auch bei 11-jährigen Kindern.

Über Beginn und Form einer Tagesperiodik des el. HW im frühkindlichen Lebensalter liegen nur wenige und gegensätzliche Angaben vor. Als Beitrag zur Klärung der Frage, ob ein rhythmisches Verhalten des el. HW schon bei der Geburt gegeben ist oder sich erst im Laufe der späteren Entwicklung herausbildet, und welche charakteristischen Merkmale dabei nachzuweisen sind, haben wir deshalb eigene Untersuchungen des el. HW innerhalb einer 24-Stunden-Periode in verschiedenen kindlichen Altersstufen durchgeführt. Über die Ergebnisse sei nach einer kurzen Darlegung der Physiologie des el. HW, der gebräuchlichsten Meßmethoden und des wichtigsten klinischen Schrifttums im Folgenden berichtet und die eigenen Beobachtungen den in der Literatur mitgeteilten Resultaten gegenübergestellt.

A. DIE UNTERSUCHUNG DES EL. HW IN DER LITERATUR

I. ZUR PHYSIOLOGIE DES EL. HW

Bei der Betrachtung der elektrophysiologischen Eigenschaften lebender Gewebe unterscheiden wir 2 große Problemkreise: die aktiv- und die passiv-elektrischen Erscheinungen. Im ersten Fall entsteht im Gewebe selbst Elektrizität, es wird aktiv Strom erzeugt, den wir mit empfindlichen Meßgeräten in Form eines Aktions-, Ruhe- oder Verletzungsstromes als Ausdruck von Tätigkeit oder zumindest als Kennzeichen des Lebens (SCHAEFER (144)) registrieren können. Die passiv-elektrischen Phänomene entstehen dagegen erst, wenn von außen eine elektrische Spannung aus einer fremden Stromquelle an das Gewebe angelegt wird. Die Wirkungen des zugeführten Stromes auf das Gewebe und die sekundären Veränderungen, die er dadurch selbst erfährt, bezeichnen wir seit DU BOIS - REYMOND (37) auch als sekundär-elektromotorische Erscheinungen und verstehen darunter insbesonders die Polarisation.

Für das Studium der Elektrophysiologie der Haut ergibt sich die gleiche prinzipielle Unterteilung. Die Haut stellt sich dar 1. als Stromquelle und 2. als Elektrizitätsleiter. Haben wir uns bei der Untersuchung der Haut als Stromquelle vor allem mit der Frage nach Ursache und Entstehung der Hautpotentiale zu beschäftigen, so stoßen wir bei der Erforschung der Haut als Leiter gegenüber elektrischen Strömen hauptsächlich auf das Problem des "wahren" und "scheinbaren" Hautwiderstandes und der durch die Polarisation hervorgerufenen elektromotorischen Gegenkräfte.

Beides, Bildung von Potentialen und ihre Polarisierbarkeit, verdankt die Haut den physikalisch-chemischen Membraneigenschaften ihrer Zellen. Auf Vorgängen an diesen biologischen Grenzflächen beruhen im wesentlichen sowohl die aktiv- als auch die passiv-elektrischen Erscheinungen der Haut.

Die Erforschung elektrischer Phänomene an der Haut und besonders ihrer Leitereigenschaften, die auch bei unserer Fragestellung im Vordergrund stehen, reicht sehr weit zurück. "Als im Gefolge der Entdeckungen von

GALVANI und VOLTA am Anfang des 19. Jahrhunderts die Elektrizität in der Physiologie eine Rolle zu spielen anfing, tauchte bald die Frage nach dem elektrischen Leitungswiderstand des Körpers und seiner Teile auf" (GILDEMEISTER (56)), wobei schon VOLTA, v. HUMBOLDT und RITTER klar erkannten, daß "die Oberhaut der vornehmste Sitz des Körperwiderstandes ist" (DU BOIS-REYMOND (37)). Die ersten experimentellen Beobachtungen über den el. HW stammen von POUILLET 1837 (114) und E. WEBER (166), die - noch mit unzulänglicher Methodik - fanden, daß der Körper "etwa so gut wie eine stark verdünnte Salzlösung leitete" (GILDEMEISTER (56)). Früh schon erkannte man, daß der Widerstand der Haut keine konstante Größe darstellt, sondern sich als Funktion der Zeit ändert (REMAK 1858 (131)), von Meßanordnung, Stärke des Stromes, Größe der ableitenden Elektroden (GÄRTNER (48), POUILLET (114), JOLLY (80)) und noch vielen anderen Faktoren abhängt (JOLLY (80), SILVA und PESCAROLO (150) u. a.) und an verschiedenen Körperstellen nicht gleich ist (GÄRTNER (48), JOLLY (80), SILVA u. PESCAROLO (150)). JOLLY (80) prüfte schon 1884 die Beeinflußbarkeit des HW durch Pharmaka, und VIGOUROUX (162) berichtete 1888 erstmals über klinische Anwendungsmöglichkeiten des el. HW.

Über die Ursache der starken Veränderlichkeit des el. HW wurden verschiedene Theorien angegeben (z. B. von REMAK (131), MUNK (105), JOLLY (80), GÄRTNER (48), VIGOUROUX (162)), die sich zum Teil erheblich widersprachen. In systematischen Untersuchungen hat sich GILDEMEISTER (54-57) seit 1912 mit dem Problem des el. HW befaßt und sich kritisch mit den vorherrschenden Meinungen auseinandergesetzt. Seine Ergebnisse und Vorstellungen besitzen heute noch Gültigkeit und waren richtungsweisend für die weitere Bearbeitung elektrophysiologischer Fragen der Haut, die vor allem von REIN (129, 130), KELLER (85-87), LULLIES (99), DIEHL (36) und SCHAEFER (144) durchgeführt wurde.

Wird lebende Haut mit Gleichstrom niederer Spannung (etwa 2 Volt) durchströmt, so lassen sich nach REIN (130) zwei eigenartige Feststellungen machen:

1) Beobachtet man mit einem Galvanometer normaler Empfindlichkeit die resultierende Stromstärke, so steigt diese in den nächsten Minuten nach Stromschluß bis zum 10 - 100-fachen des Ausgangswertes an (="Ruhekurve" nach GILDEMEISTER (56)).
2) Verfolgt man mit einem Galvanometer, dessen Einstellzeit wenige 1/1000Sek beträgt, den Ablauf der Stromstärke, so ergibt sich innerhalb der ersten

1/1000 Sek. ein außerordentlich rasches, hohes Ansteigen der Stromstärke ("Anfangszacke" nach GILDEMEISTER (55)), dem sofort ein rascher Abfall auf weniger als 1/10 des Maximalwertes der Anfangszacke folgt. Daraufhin nimmt bei weiterem Stromdurchfluß die Stromstärke wie unter 1) beschrieben zu.

Dieses Verhalten des Durchströmungsstromes zeigt, daß es sich bei der Haut nicht um einen einfachen Ohm'schen Widerstand handelt, sondern daß spezifische Eigenschaften in ihr vorliegen müssen, die die eigentümliche Veränderung des Widerstandes und damit der Stromstärke verursachen.

Das Absinken des Widerstandes in der Haut bei Durchfluß von konstantem Strom wurde früher verschieden erklärt: REMAK (131), JOLLY (80) u. VIGOUROUX (162) machten eine Reizwirkung des Stromes auf die vasomotorischen Nerven und die daraus resultierende Gefäßerweiterung und damit bessere Durchblutung der Haut verantwortlich, während MUNK (105) und GÄRTNER (48) eine Hautwiderstandsänderung durch physikalisch bedingte elektroendosmotische Flüssigkeitsverschiebung annahmen.

GILDEMEISTER (55) dagegen kam zu der Erkenntnis, daß bei Durchströmung der Haut mit Gleichstrom reelle Widerstandsänderungen gar nicht vorliegen, sondern durch Polarisationsvorgänge an den Zellmembranen nur ein scheinbarer Widerstand vorgetäuscht wird.

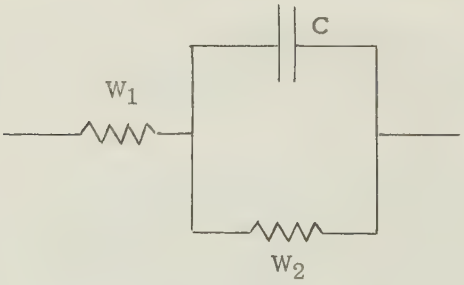
Polarisation in diesem Sinn erfolgt nach SCHAEFER (144) immer an Grenzflächen, die den Jonenfluß hemmen. Solche Grenzflächen stellen im Gewebe die semipermeablen Membranen der Zellen dar. Beim Stromdurchgang kommt es an ihnen zu "einer vom Gleichgewicht abweichenden Verteilung positiver und negativer Jonen" (LULLIES (99)), zu Konzentrationsänderungen und damit zum Auftreten elektromotorischer Gegenkräfte, die sich der äußeren polarisierenden Spannung entgegensetzen. "Membranen sind also notwendig vorhanden, wo Polarisation auftritt" (SCHAEFER (144)).

Mit den polarisatorischen Prozessen an der Haut "untrennbar verknüpft" (REIN (130)) und ebenfalls durch eine Veränderung der Elektrolytkonzentration an den Zellmembranen hervorgerufen ist das beträchtliche Speicherungsvermögen für Elektrizität und die Bildung einer sog. "Polarisationskapazität" (GILDEMEISTER (55)). Diese setzt sich nach GILDEMEISTER (55) aus einer langsam entstehenden Diffusionskapazität und der sehr rasch erfolgenden Doppelschichtenkapazität zusammen, die durch Aufladung der "Helmholtz'schen

Doppelschichten" entsteht. Letztere sind immer an Grenzflächen zweier Phasen, also auch an einer Membran vorhanden, in der das Verhältnis der Jonenbeweglichkeit ein anderes ist als in der angrenzenden Flüssigkeit (REIN (130)).

In der Fähigkeit, Elektrizität zu speichern, gleicht die Haut einem Kondensator. Da die Polarisationskapazität der Haut jedoch Verluste erleidet, verhält sie sich wie ein unvollkommener oder schlechter Kondensator. Solche Kapazitätsverluste entstehen einerseits durch unpolarisierbare Nebenschlüsse, die die Zellmembranen umgehen, andererseits durch Jonendiffusion, die einen langsamen Ausgleich von Konzentrationsunterschieden und damit der Potentialdifferenz herbeiführt (LULLIES (99)).

Die Wirkung eines unvollkommenen Kondensators entspricht der eines vollkommenen mit einem hohen parallel geschalteten Widerstand. Es ergibt sich also für ein polarisierbares Gebilde, bei dessen Polarisationskapazität Verluste durch Nebenschlüsse im Vordergrund stehen, folgendes vereinfachte Ersatzschema, das von GILDEMEISTER (55), REIN (130), LULLIES (99) u. a. angegeben wurde. Ein relativ kleiner Widerstand w_1, der dem Leitungswiderstand des Körperinneren bzw. dem Widerstand der Haut unmittelbar zu Beginn der Durchströmung entsprechen soll, liegt in Serie mit einer Kapazität C, die im Nebenschluß von einem sehr hohen Widerstand w_2 überbrückt ist. Nach Aufladung der Kapazität C addiert sich w_2 zu w_1 und charakterisiert damit den hohen Gleichstromwiderstand der Haut.



Vereinfachtes Ersatzschema der Haut
(nach GILDEMEISTER (55))

Das oben beschriebene Verhalten der Stromstärke bei Gleichstromdurchfluß durch die Haut findet nun nach REIN (130) folgende Erklärung: Innerhalb weniger 1/1000 Sek. wird in den ersten Augenblicken nach Stromschluß ein polarisatorisches Gegenpotential gebildet, das dann "im Maße seines

Anwachsens den Durchströmungsstrom schwächt". Die kontinuierliche Zunahme der Stromstärke, die daraufhin bei weiterem Stromdurchfluß zu beobachten ist, beruht auf dem langsamen Schwinden dieses Gegenpotentials, hauptsächlich durch das Auftreten von Nebenschlüssen im Gewebe, aber auch, besonders bei hohen Meßspannungen, durch eine Schädigung (GILDEMEISTER (56)) oder zumindest eine Veränderung (REIN (130)) der Membranen und Verlust ihrer Semipermeabilität infolge von Konzentrationsveränderungen der Elektrolyte.

Die Messung des wirklichen Widerstandes der Haut ist also mit Gleichstrom nicht möglich. Eine Gleichstrommessung ergibt nur "Scheinwiderstände" (REIN (130)). Den "wahren" Widerstand der Haut ohne Polarisation erhält man nach LULLIES (99) entweder im ersten Augenblick nach Anlegen eines konstanten Stromes, solange sich die Gegenspannung noch nicht entwickelt hat ("Anfangs-Widerstand"), oder bei Verwendung von hochfrequenten Wechselströmen, die eine merkliche Konzentrationsänderung und damit eine elektromotorische Gegenkraft gar nicht aufkommen lassen.

Die Größe des scheinbaren Widerstandes der Haut bei Messung mit Gleichstrom wird von vielen Faktoren bestimmt, wobei in erster Linie meßtechnische Gegebenheiten von Bedeutung sind. Nach den bisherigen Erläuterungen ist der Gleichstromwiderstand der Haut vor allem eine Funktion der Zeit des Stromdurchgangs und der Größe der angelegten Spannung, er ist aber auch abhängig von der Beschaffenheit der ableitenden Elektroden (GILDEMEISTER (56), REIN (130), SCHAEFER (144)). Wie an biologischen Grenzflächen im Gewebe, so treten auch an den Phasengrenzflächen beim Übergang eines Elektrizitätsleiters 1. Klasse (Elektroden) in einen solchen 2. Klasse (Elektrodenflüssigkeit, Körper) Polarisationserscheinungen auf (REIN (130), SCHAEFER (144)). Diese Polarisation an den Elektroden erhöht zusätzlich zu der Polarisation im Gewebe den Gleichstromwiderstand der Haut. Um sie auszuschalten, ist die Verwendung von sog. unpolarisierbaren Elektroden erforderlich. Für die Größe des el. HW sind ferner Elektrodendurchmesser und Elektrodenflüssigkeit (GILDEMEISTER (56), SCHAEFER (144)), sowie deren Konzentration und Reaktion (REIN (130)) ausschlaggebend.

Neben diesen meßtechnischen Voraussetzungen, von denen nur die wichtigsten genannt wurden, wirken noch weitere exogene Faktoren (z. B. Durchfeuchtung der Haut, Raumtemperatur, klimatische Verhältnisse u. a.), die gesondert besprochen werden sollen, auf den el. HW ein.

Als letzter Einfluß auf den HW wird von den Physiologen eine Permeabilitätsänderung der Zellmembranen durch "innere" Gründe (SCHAEFER (144)), etwa im Gefolge von "intraepithelialen Funktionsänderungen" (REIN (130)) angeführt. Dieser "interessanteste und schwierigste Faktor", der "in manchem der erwähnten Faktoren in nuce enthalten ist", wird von SCHAEFER (144) als "biologische Beschaffenheit der Haut" bezeichnet und ist Gegenstand der meisten physiologischen und klinisch-diagnostischen Untersuchungen des el. HW.

Angesichts dieser mannigfachen Einflußmöglichkeiten auf den el. HW "ist es wohl klar, daß die immer wieder aufgenommenen Versuche, Normalzahlen für den Gleichstromwiderstand aufzustellen, zu keinem befriedigenden Erfolg führen können" (GILDEMEISTER (56)). Je nach Ausgangssituation bewegt sich die Größe des HW nach GILDEMEISTER (56) von "nur einigen Hundert" bis zu "Hunderttausenden von Ohm". SCHAEFER (144) gibt als ungefähre Größenordnung des HW am Unterarm bei 2 Volt und 2,5 cm^2 Elektrodenfläche im Winter 30 000, im Sommer 800 000 Ohm an und erklärt "alle detaillierten Angaben" für "unsinnig".

Ebenfalls ist es "nur bei völlig einwandfreier Definition" der erwähnten beeinflussenden Größen erlaubt, "vergleichende Messungen des Scheinwiderstandes der Haut vorzunehmen. Differenzen, die dann zwischen verschiedenen Hautstellen oder aber zwischen verschiedenen Individuen auftreten, oder aber auch bei ein und demselben Objekt zu verschiedenen Zeiten sich geltend machen, müssen biologisch bedingt sein, auf Verschiedenheiten der Elektrolytdurchlässigkeit der Haut beruhen" (REIN (130)).

Kurzfristige Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit der Haut, die wir als "biologisch bedingt" anzusehen haben, liegen drei schon seit langer Zeit bekannten Phänomenen dem "psycho-galvanischen Reflex" nach TARCHANOFF (158) und nach VERAGUTH (161) und der "lokalen galvanischen Reaktion" nach EBBECKE (39) zugrunde, deren physiologische Grundtatsachen in diesem Zusammenhang kurz Erwähnung finden sollen.

TARCHANOFF (158) machte 1890 die Beobachtung, daß bei Ableitung von zwei Hautstellen eines Menschen mit unpolarisierbaren Elektroden zu einem empfindlichen Galvanometer bei Reizung der Versuchsperson durch Berührung, Licht oder Schall, bei geistiger Beschäftigung oder Hervorrufen von Affekten am Galvanometer Ausschläge zu verzeichnen sind, die er als "aktive Sekretionsströme der Hautdrüsen" deutete. VERAGUTH (161) fand 1904, daß bei

Einschaltung einer Stromquelle zwischen Körper und Galvanometer der konstant fließende Strom unter denselben Umständen wie bei den von TARCHANOFF beschriebenen eine Verstärkung erfährt. Beide Erscheinungen beruhen auf Veränderungen an den Zellmembranen und sie treten auf einen Reiz hin nach einer kurzen Latenzzeit ein. Eine Mitbeteiligung psychischer Vorgänge ist nach späteren Untersuchungen (GILDEMEISTER (57) u. a.) nicht notwendige Voraussetzung, wie VERAGUTH (161) annahm. GILDEMEISTER (57) prägte deshalb für beide Phänomene den Begriff des "galvanischen Hautreflexes" und unterschied den "galvanischen Hautreflex ohne Hilfsstrom" nach TARCHANOFF und den "galvanischen Hautreflex mit Hilfsstrom" nach VERAGUTH.

Der "galvanische Hautreflex ohne Hilfsstrom" nach TARCHANOFF, also eine aktiv-elektrische Erscheinung der Haut, ist in seinen theoretischen Grundlagen kompliziert. SCHAEFER (144) nimmt mit GILDEMEISTER für sein Zustandekommen "mehrfache Möglichkeiten von Potentialänderungen nebst Widerstandsänderungen" infolge von Änderungen der Membraneigenschaften auf Grund nervöser Erregung an. Einen meßbaren Aktionsstrom der Schweißdrüsen hält er für unwahrscheinlich.

Das VERAGUTH'sche Phänomen, das als "galvanischer Hautreflex mit Hilfsstrom" zu den passiv-elektrischen Erscheinungen gehört, ist nach GILDEMEISTER (57) "physiko-chemisch betrachtet bedingt durch eine auf Nervenimpuls ablaufende reversible Verminderung der Polarisierbarkeit der Hautzellen", wobei es sich wahrscheinlich auch um "Veränderungen der Grenzflächen dieser Zellen" handelt.

Ebenfalls auf eine reversible Abnahme der Polarisierbarkeit der Zellmembranen ist die "lokale galvanische Reaktion" nach EBBECKE (39) zurückzuführen, bei der "die elektrische Leitfähigkeit der Haut für Gleichstrom durch mechanische und andere Reizung auf das Doppelte, Zehnfache bis Dreißigfache gesteigert wird". Während das TARCHANOFF'sche und VERAGUTH'sche Phänomen durch allgemeine Reizung und dadurch hervorgerufene nervöse Erregung ausgelöst wird, sie also Reflexe sind, entsteht die Erscheinung nach EBBECKE als lokale "Reaktion der Epithelzelle der Epidermis" auf direkte Reizung hin und bleibt "auf den unmittelbar gereizten Bezirk beschränkt" (EBBECKE (39)).

Neben der Konzeption von GILDEMEISTER (57) ist zur Theorie des galvanischen Hautreflexes ferner die Beteiligung der Schweißdrüsen von besonderer

Wichtigkeit (VERAGUTH (161), LEVA (97), PEIPER (111), REIN (130), SCHAEFER (144) u. a.). PEIPER (111) bezeichnete die Schweißdrüsen direkt als "Erfolgsorgane des galvanischen Hautreflexes". Die physiologischen und physikalischen Zusammenhänge zwischen Schweißsekretion und Membranveränderungen sind jedoch kompliziert und in der Deutung schwierig. Nach SCHAEFER (144) handelt es sich beim VERAGUTH'schen Reflex "nicht um bloße Wirkung der Schweißsekretion, etwa im Sinne einer Zunahme der Nebenschlüsse", da sonst auch der Hochfrequenzwiderstand abnehmen müßte, sondern "höchstwahrscheinlich um eine echte Änderung der Membranpolarisation vielleicht aber gerade in den Schweißdrüsen selbst, die mit ihren Ausführungsgängen elektrische Kurzschlüsse bilden".

Wie bei diesen kurzdauernden, "reflektorischen"Widerstandsänderungen wird, wie in der Literatur vielfach belegt wurde, die Schweißdrüsentätigkeit auch bei langdauernden HW-Schwankungen eine entscheidende Rolle spielen. DIEHL (36) konnte z. B. nachweisen, daß HW-Änderungen einmal durch eine wirkliche Änderung des reinen polarisierbaren Anteils der Grenzflächen, das andere Mal durch das Auftreten von unpolarisierbaren Nebenschlüssen z. B. auf Grund eines verschiedenen Funktionszustandes der Schweißdrüsen verursacht sein können. Welche Veränderung das Meßergebnis tatsächlich bedingt hat, ist im Einzelfall schwer zu entscheiden. Für die theoretische Erklärung der Schweißwirkung führte KELLER (86) einen weiteren Gesichtspunkt an. Danach beruht die Änderung der elektrischen Eigenschaften der Haut auf einer Anreicherung von Kationen in den äußersten Epidermisschichten durch das Schwitzen.

Veränderlichkeit des el. HW und Mechanismus der Einflußnahme auf ihn sind also sehr verwickelt. Um HW-Schwankungen infolge biologischer Gesetzmäßigkeiten, auf die es auch uns ankommt, zu erkennen, müssen die meßbaren Faktoren soweit möglich definiert und abgegrenzt werden. Es sollen deshalb im Folgenden zunächst meßtechnische Voraussetzungen und exogene Einwirkungen auf den el. HW beschrieben und dann auf endogene Gegebenheiten eingegangen werden, wobei die Übergänge fließend sind und eine exakte Trennung oft nicht möglich ist.

II. DIE MESSUNG DES EL. HW

Für die Fragestellung dieser Arbeit sollen meßtechnische Besonderheiten nur insoweit beschrieben werden, als sie zum Verständnis der Abhängigkeit des HW von ihnen, zur Einführung der eigenen Methode und zur Auseinandersetzung unserer Ergebnisse mit denen in der Literatur notwendig sind.

Während die frühen Untersuchungen des el. HW mit Gleichstrom durchgeführt wurden, hat besonders GILDEMEISTER (54, 55) den HW zusätzlich auch mit Wechselstrom gemessen und damit das Verhalten der Haut bei Stromdurchfluß genauer analysieren können. Gleichstrommessungen ergeben, wie wir gesehen haben, infolge der entstehenden polarisatorischen Gegenspannung einen hohen "scheinbaren" Widerstand, Messungen mit hochfrequentem Wechselstrom können dagegen eher die wirklichen Widerstandsverhältnisse der Zellmembranen erfassen. Widerstandswerte, die aus Wechselstrommessungen resultieren, sind immer niedriger als die mit Gleichstrom gewonnenen und zwar desto kleiner, je höher die Frequenz der Wechselströme war (LULLIES (99)). Bei der Verwertung der absoluten Größe des HW ist deshalb die Angabe methodischer Einzelheiten unbedingt erforderlich.

Zur Klärung grundsätzlicher Probleme des el. HW der Haut haben auch LULLIES (99), DIEHL (36), QUENSEL (116), SCHAEFER (144) u. a. Untersuchungen mit Wechselstrom durchgeführt, dabei meist hochfrequente Sinusströme verwendet und über eine Wheatstone'sche Brückenschaltung den "Wirk- und Blindwiderstand" (LULLIES (99)) zur Beschreibung von Leitereigenschaften der Haut gegenüber Wechselstrom bestimmt. Trotz des Vorteils annähernd unverfälschter Ergebnisse wurden jedoch Messungen des el. HW mit Wechselstromverfahren besonders zu klinischen Beobachtungen im Verhältnis zu Gleichstrommessungen nur vereinzelt vorgenommen. GOUGEROT (58) verwandte die Untersuchung des el. HW mit Wechselströmen von 100 - 10 000 Hz als Impedanzmessung in der dermatologischen Diagnostik, CROON (29) hat für seine "Elektro-Neural-Diagnostik" (ein Versuch, aus Leitfähigkeitsänderungen von umschriebenen, in der Haut lokalisierten "Reaktionsstellen" Rückschlüsse auf Funktionsstörungen zugeordneter innerer Organe zu ziehen) verschiedene Wechselstrommethoden mit Wechselspannungen von 1 V/50 Hz bzw. 9 KHz bei 0, 05 mA entwickelt, die zum Teil auch von BOHNSTEDT und SCHULZ-KLEE (20) zur Erkennung

dermatologischer Krankheitsbilder und von STURM und LUDWIGS (156) zur kritischen Nachprüfung der Befunde CROONs herangezogen wurden. In letzter Zeit hat ferner RUTENFRANZ (138) HW-Messungen mit sinusförmigen Wechselströmen von 2 Volt Spannung und verschiedenen Frequenzen zwischen 30 und 16000 Hz über eine Wheatstone'sche Brücke durchgeführt.

Bei der Bestimmung des el. HW mit Gleichstrom bestehen prinzipiell 2 Möglichkeiten. Da nach dem Ohm'schen Gesetz der Widerstand R = Spannung U / Stromstärke I ist, kann der unbekannte Widerstand entweder aus Spannungsänderungen bei konstanter Stromstärke ("Gleichspannungsmessung") oder aus Stromstärkeänderungen bei konstanter Spannung ("Stromstärkemessung") errechnet werden.

Gleichstrommessungen in Form von Gleichspannungsmessungen, wobei die Abnahme einer festgesetzten Stromstärke im Meßstrom durch Erhöhung der Spannung so lange ausgeglichen wird, bis der Ausgangswert wieder erreicht ist, nahmen RICHTER (134), LEVINE (98), WHELAN (169), BROWN und BRUESCH (24) u. a. vor. Der Nachteil dieser Methode liegt nach RUTENFRANZ (139) darin, daß bei hohen Widerständen Meßspannungen von über 40 V erforderlich sind, die nach GILDEMEISTER (56) und SCHAEFER (144) innerhalb weniger Sekunden zu einer wesentlichen Abschwächung des Widerstandes führen.

Gleichstrommessungen durch Bestimmung der Stromstärkeänderung bei gleichbleibender Spannung ("Stromstärkemessung") wurden in Amerika von RICHTER (134), JASPER (78), THOMAS und KORR (149) und in Deutschland neben REIN (129) und SCHAEFER (144) besonders von REGELSBERGER (120) durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der Firma Siemens-Reiniger hat REGELSBERGER (120) ein Gerät entwickelt, das bei konstanter Meßspannung von 2 V die Stromstärke in dem durch die Haut der Vp. geschlossenen Stromkreis an einem hochempfindlichen Galvanometer mit einem Meßbereich von 0 - 7,5 mA anzeigt, wobei 1 Skalenteilstrich = 0,1 mA entspricht. Der Kurzschlußwert ist wegen eines im Stromkreis liegenden Vorschaltwiderstandes beim größten Ausschlag von 67 Skalenteilen erreicht. REGELSBERGER (120) und viele Autoren, die mit seinem "Elektrodermatometer" arbeiteten (AICHINGER (1), AUE u. BECKER (5), BAITSCH (8-10), BLOEDNER (19), DANIELCZYK u. LOEB (32), DIECKMANN (35), GRATZL u. MARTIN (60), GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61), HIRSCHBERGER u REITER (75), KLEINSORGE (88), NESSWETHA (106), PRILL (115),

REGELSBERGER jr. (128), STOLLBERG (151), ZINNITZ u. KÖLWEL (172) u. a.) bzw. sich entsprechend modifizierter Verfahren bedienten (GERNAND (50-52), REGELSBERGER u. HAIN (125)), rechneten die abgelesenen Stromstärkewerte nicht in Widerstandswerte um wie die amerikanischen Untersucher, sondern benützten sie unverändert als sog. "Hautleitwerte" bei der Beschreibung ihrer Ergebnisse. Ein hoher Leitwert ist dabei also einem niedrigen Widerstand gleichzusetzen und umgekehrt.

Bei der Verwendung dieser "Leitwerte" zu Aussagen über Leitfähigkeit bzw. Widerstand der Haut ist jedoch eine wichtige physikalische Gesetzmäßigkeit zu berücksichtigen. Während in der Beziehung $R = \frac{U}{I}$ bei gleichbleibender Stromstärke I ("Gleichspannungsmessung") der Widerstand R und die Spannung U in einer linearen Abhängigkeit zueinander stehen, ist bei gleichbleibender Spannung U und veränderlicher Stromstärke I ("Stromstärkemessung") das Verhältnis von Widerstand R und Stromstärke I geometrisch-progressiv. Das heißt, daß in niederen Stromstärkebereichen eine Stromstärkeänderung von nur 1 Skalenteilstrich eine Widerstandsänderung von etwa 10 000 K-Ohm bedeutet, während dieselbe Stromstärkeänderung in hohen Stromstärkebereichen nur eine Widerstandsänderung von z. B. 5,4 K-Ohm anzeigt. Die Meßgenauigkeit ist bei Stromstärkemessungen in niederen Bereichen deshalb gering, und exakte diagnostische Schlüsse sind bei alleiniger Angabe der "Leitwerte" der Haut nicht möglich (RUTENFRANZ (138)).

Um bei sehr hohen Widerständen eine genauere Registrierung zu erreichen, erhöhte deshalb JASPER (78) bei Bedarf die Spannung, steigerte dadurch zwar die Ablesegenauigkeit, bekam aber wegen der erwähnten Veränderung des HW bei hohen Meßspannungen wiederum ein gefälschtes Bild. RUTENFRANZ (138), der ebenfalls Gleichstrommessungen nach dem Prinzip der Stromstärkemessung durchführte und als normales Meßinstrument ein Zeigergalvanometer mit einer Empfindlichkeit von 0,1 mA/Skalenteil und einem Kurzschlußwert von 15 mA bei einer konstanten Meßspannung von 2 Volt verwandte, schaltete dagegen in niederen Stromstärkebereichen ein Lichtzeigergalvanometer mit 20-facher Empfindlichkeit ein und ermöglichte auf diese Weise eine bessere Aufschlüsselung der hohen Widerstandsbereiche. Zur weiteren Verminderung von Fehlermöglichkeiten rechnete er - wie JASPER - alle abgelesenen Stromstärkewerte in Widerstandswerte um.

Über Gleichstrommessungen in einer etwas abgeänderten Form haben KRAUSE, STORZ u. VOELKEL (93, 94) bzw. STORZ u. VOELKEL (152) berichtet. Sie

konstruierten ein Gerät, das aus einem üblichen Hautstromkreis mit einer konstanten Stromquelle von 2. V und einem niederen Vorwiderstand, der von einem Gleichspannungsverstärker und einem Schleifenoszillographen überbrückt ist, besteht. Es wird mit dieser Versuchsanordnung nicht der Spannungsabfall in der Haut, sondern "der durch den fließenden Strom an einem Widerstand erfolgende Spannungsabfall" (93) gemessen. Durch rechnerische Analyse der über einen Lichtzeiger auf laufendes Filmband aufgezeichneten Kurven läßt sich nach Ansicht der Verfasser eine Differenzierung von polarisatorischem Widerstand und polarisationsfreiem Anfangswiderstand durchführen. Das Verhalten des polarisatorischen Widerstandes hat dabei "als Bezugswert für die Beurteilung der Membranpermeabilität zu gelten" (152), die Methode wird dementsprechend als "Elektropermeagramm" bezeichnet.

Auf die große Bedeutung der Elektroden bei der Bestimmung des el. HW wurde bereits hingewiesen. Während für Messungen mit Wechselstrom streng unpolarisierbare Elektroden nicht unbedingt gefordert werden müssen, sind sie für Gleichstrommessungen notwendige Voraussetzung. "Jede Frage nach dem Gleichstromwiderstand der Haut" ist nach REIN (129) "eine Elektrodenfrage", und er schlug für eine fruchtbare Zusammenarbeit bei der Erforschung des el. HW zu klinisch-diagnostischen Zwecken die "Schaffung einer unpolarisierbaren Einheitselektrode" vor. Dieses Ziel wurde bis jetzt nicht erreicht. Man versuchte auf die verschiedenste Weise, eine Unpolarisierbarkeit der benützten Elektroden zu erzielen, und es wurden vielgestaltige und besonderen Fragestellungen angepaßte Elektrodentypen konstruiert, deren einzelne Besprechung in diesem Rahmen zu weit führen würde. Als wichtige Konsequenz ergibt sich jedoch auch hier, daß ein "direkter Vergleich" der in der Literatur vorliegenden absoluten HW-Werte "nicht angängig" ist (REIN (129)), und daß wir uns auf relative Aussagen beschränken müssen.

III. FAKTOREN, DIE DEN EL. HW BEEINFLUSSEN

1. Durchfeuchtung der Haut

Nach den physiologischen Vorbemerkungen ist es verständlich, daß sich die elektrischen Leitereigenschaften der Haut vor allem dann ändern, wenn ihr Feuchtigkeitsgehalt sich ändert. Dies kann 1. in Verbindung mit der Meßmethodik bzw. durch jede experimentelle Befeuchtung exogener Art der Fall sein, und 2. als Folge veränderter Hautwasserabgabe des Körpers selbst zustande kommen. Diese wiederum kann entweder eine Reaktion des Organismus auf veränderte Umweltbedingungen darstellen oder Ausdruck variierender endogener Funktionszustände sein. Damit ist dieser erste der auf den HW einwirkenden Faktoren ein Beispiel für die Komplexität und die ineinandergreifenden Kausalzusammenhänge der Beeinflussungsmöglichkeiten des el. HW.

Grundsätzliche Übereinstimmung besteht in der Literatur darüber, daß jede Zunahme der Durchfeuchtung der Haut, gleich welcher Entstehungsart, eine Abnahme des HW zur Folge hat.

Die meßtechnisch bedingte Durchfeuchtung der Haut wurde in den frühesten Untersuchungen des el. HW in unmittelbare Beziehung zur Größe des Widerstandes gesetzt. MUNK (105) und GÄRTNER (48) führten, wie schon erwähnt, die Abnahme des HW während der Durchströmung auf eine Flüssigkeitseinwanderung ins Gewebe durch die kataphoretische Wirkung des Stromes zurück. Die Abhängigkeit des el. HW von Vorgängen an den Zellmembranen, die später GILDEMEISTER (55) erkannte, steht nicht im Gegensatz zu der großen elektrophysiologischen Bedeutung des Flüssigkeitsgehaltes der Haut für ihren Widerstand sowohl gegen Gleich- als auch gegen Wechselstrom. So zählte SCHAEFER (144), um nur eine neuere zusammenfassende Darstellung zu nennen, die mechanische Durchfeuchtung der Haut und das Eindringen von Flüssigkeit in den Verband der Zellen mit zu den Ursachen für die Veränderung des el. HW bei Stromdurchfluß.

Versuche mit unterschiedlicher exogener Befeuchtung der Haut nahmen unter anderen KÖTSCHAU (92), QUENSEL (116), BLANK und FINESINGER (17) und RUTENFRANZ (139) vor. Die Ergebnisse zeigten, daß bei Vergrößerung der feuchten ableitenden Elektrodenflächen die Kapazitäten anstiegen und

der HW abnahm. Als Elektrodenfläche hat dabei das Hautgebiet zu gelten, das von der Elektrodenflüssigkeit benetzt wird, und das von BLANK und FINESINGER (17) als "effective electrode" bezeichnet wurde. Beim Aufsetzen der Elektroden ist deshalb besonders darauf zu achten, daß die Elektrolytflüssigkeit nicht über die Haut ausläuft.

Bei den Veränderungen des el. HW infolge wechselnder Hautwasserabgabe des Organismus selbst begegnen sich in der Literatur zwei verschiedene Vorstellungen. Während die meisten Autoren für HW-Veränderungen die Tätigkeit der Schweißdrüsen verantwortlich machen (REMAK (131), JOLLY (80), MINOR (104), RAUCH (118), HENSSGE (72), KELLER (86), SCHAEFER (144), NESSWETHA (106), BAIRD, STANTON und SPIEGEL (7), BROWN und BRUESCH (24), BAITSCH (10), JUNG (83), GERNAND (50), WAGNER (163), PRILL (115), THOMAS und KORR (159), RUTENFRANZ (139), RUTENFRANZ und WENZEL (142) u. v. a.), wird insbesonders von REGELSBERGER (122, 123, 124) die Hautwasserabgabe durch die Perspiratio insensibilis der Epithelzellen in den Vordergrund gerückt. REGELSBERGER anerkennt zwar einen Einfluß der Schweißwasserabgabe auf den el. HW, beschränkt ihn aber auf eine allgemeine "Niveaubildung" der Widerstandshöhe. Seine Ansicht, daß die rhythmischen Ausschläge der elektrischen Leitfähigkeit allein der Perspiratio insensibilis zuzuschreiben sind, stützt er auf die lokale galvanische Reaktion der Epithelzellen, wie sie EBBECKE (39) beschrieb, und auf die von RICHTER (134) angegebene Trennung des HW-Verhaltens an den Handflächen und Handrücken. Während an den Palmarseiten der Hand nach RICHTER (134) die Schweißdrüsentätigkeit maßgebend für die Größe des HW sei, soll an den Handrücken die unmittelbar durch die Epithelzellen abgepreßte Wasserabgabe vorherrschen und für HW-Änderungen bestimmend sein.

Eine extreme Anschauung vertraten KRAUSE, STORZ und VOELKEL (94), die betonten, daß den Schweißdrüsen "weder in morphologischer noch in funktioneller Beziehung ein erkennbarer Einfluß auf das Verhalten des polarisatorischen HW" zukommt.

Aus Klimaversuchen, pharmakologischen Untersuchungen, Beobachtungen an schweißdrüsenlosen Patienten und noch vielen anderen klinischen und experimentellen Befunden, über die teilweise gesondert berichtet wird, ging jedoch eine deutliche Abhängigkeit des el. HW von der Hautwasserabgabe durch die Schweißdrüsen hervor. Nach neuen Ergebnissen von THOMAS und

KORR (159) verändert sich die Leitfähigkeit sogar "ungefähr linear" mit der an- oder absteigenden Zahl von aktiven Drüsen. Schon seit dem Ende des letzten Jahrhunderts kennt man eine "Topograhie des el. HW" (JOLLY (80), VERAGUTH (161), GILDEMEISTER (56), REIN (130), SCHAEFER (144), THOMAS, KORR und WRIGHT (160), RUTENFRANZ (139) u. a.), wonach an schweißdrüsenreichen Hautstellen (Handflächen, Fußsohlen, Stirn) der HW geringer ist als an drüsenärmeren Bezirken.

Als ein Befund, der ebenfalls für eine positive Beziehung des HW zur Schweißsekretion spricht, kann die verschiedene biologische Funktion der Schweißdrüsen und ein entsprechendes Verhalten des el. HW angeführt werden. KUNO (95) sowie FREEMANN und DARROW (46) stellten fest, daß die Schweißdrüsen an den Handflächen und Fußsohlen auf psychische Reize hin reagieren, während die des übrigen Körpers im Dienste der Wärmeregulation stehen. Es konnte nun nachgewiesen werden, daß der HW an den Handflächen besonders bei psychischen Belastungen und der an den übrigen Körperstellen vor allem dann abnahm, wenn wärmeregulatorische Prozesse im Gang waren (BORNEMANN (21), RUTENFRANZ (139) u. a.).

2. Klimatische Verhältnisse

Entsprechend der engen Beziehung des el. HW zur Tätigkeit der Schweißdrüsen werden unter den exogenen Einflüssen auf den el. HW besonders diejenigen von Bedeutung sein, die auf die wärmeregulatorischen Vorgänge des Organismus einwirken. In erster Linie sind hier klimatische Faktoren, wie Luftfeuchtigkeit, Dampfdruck, Raum- und Umgebungstemperatur u. a. zu nennen.

SCHAEFER (144) hielt zwar "neben dem Einfluß des Sympathicus" u. a. auch den der Witterung "ohne Eindeutigkeit" bzw. führte ihn auf eine Sympathicuswirkung zurück. Ebenso schrieb BAITSCH (9) den individuellen Leitwerten des Gesunden eine große "Umweltstabilität" zu. Später fand BAITSCH (10) eine Abnahme des el. HW an den Fingerbeeren nach einem Saunabad, erwähnte jedoch, daß im Gegensatz zu anderen Hautbezirken an den Akren als Ausdruck einer optimalen Regeltätigkeit ein "einigermaßen konstantes Leitwert-Niveau gehalten wird", ein Befund, welcher in der oben beschriebenen besonderen Funktion der Schweißdrüsen an den Handflächen eine Erklärung findet.

Eine eindeutige Abhängigkeit des el. HW von der Raumtemperatur verzeichnete RICHTER (134) bei seinen Versuchen mit Heißluftbädern. Innerhalb von 10 Min. sank der HW an den Handflächen von 140 000 auf 25 000 Ohm, an den Handrücken von 1 400 000 auf 20 000 Ohm und erreichte dort nach dem Abkühlen wieder die normale Höhe. Zu entsprechenden Befunden kam auch MASUI (101). Bei einer Vp., die sich 2 Std. lang in einer heißen Kammer aufhielt, hat er in mehreren Abständen den HW am rechten und die Schweißabgabe an korrespondierender Stelle am linken Unterarm gemessen und dabei festgestellt, daß gleich nach Betreten der Kammer der HW ab- und die Hautwasserabgabe zunahm. Ebenfalls registrierte MEISSNER (102) einen "enorm abgesunkenen HW" nach Sonnenbädern.

Den umgekehrten Versuch der Abkühlung nahmen NESSWETHA (106) und WAGNER (163) vor: bei Umgebungstemperaturen von 19^{0} bzw. 13^{0} erreichte der HW extrem hohe Werte. WAGNER führte seine Untersuchungen an 2 Vpn. mit angeborener Aplasie der Schweißdrüsen aus. Nur an Gesicht, Handflächen, Fußsohlen und Axillen waren noch Schweißdrüsen vorhanden. Nach 30 Min. langer Erhitzung in der Klimakammer blieb der el. HW am ganzen Körper so hoch wie bei der Unterkühlung mit Ausnahme an den oben genannten Stellen. Während er z.B. am Stamm 3000 K.-Ohm betrug, war er in der Axilla nur 150 K.-Ohm.

AUE u. BECKER (5) sowie RUTENFRANZ u. WENZEL (142) setzten den el. HW in Beziehung zur Äquivalenttemperatur (ÄT) (= wahre Lufttemperatur in ^{0}C. + diejenige Wärmemenge, die latent im Wasserdampf dieser Luftmasse vorhanden ist (s. S. 76)). AUE u. BECKER verglichen unter normalen Bedingungen die Mittelwerte aller Hautleitwerte von 5 Kindern mit den Mittelwerten der ÄT im Verlauf von 12 Tagen und fanden, daß "einem hohen Temperatur-Feuchtekomplex der Luft, ausgedrückt durch die ÄT, hohe Leitwerte entsprachen und umgekehrt". Ebenso konnten RUTENFRANZ u. WENZEL auf Grund mehrwöchiger Untersuchungen an Erwachsenen einen reziproken Kurvenverlauf der HW- und ÄT-Mittelwerte und eine statistisch gesicherte negative Korrelation zwischen el. HW und ÄT ermitteln. Ferner wiesen RUTENFRANZ u. WENZEL bei Arbeitsversuchen in einer Klimakammer mit gleichzeitiger Bestimmung der Hautwasserabgabe nach, "daß mit steigender Umgebungstemperatur, bei konstanter Luftfeuchte, konstanter Windgeschwindigkeit, konstanter Kleidung und Arbeitsschwere der Widerstand abnahm .. und ... mit steigender Wasserabgabe geometrisch progressiv abfiel".

Ein gleichsinniges Abfallen des el. HW mit dem Ansteigen von Raumtemperatur und Feuchtigkeit beobachteten auch BROWN und BRUESCH (24), ferner beschrieben KÖTSCHAU (92), QUENSEL (116) und MARK (100) eine Abhängigkeit des el. HW von der Umgebungstemperatur.

Nach BAITSCH u. BAUER (11) soll der el. HW auch von meteorologischen Faktoren abhängig sein, nach GERNAND (52) jedoch "praktisch allein" von Frontpassagen. Er fand eine Änderung des el. HW bei Fronteinbrüchen im Sinne eines Größerwerdens der Tagesschwankungen und einer fallenden Tendenz der Leitwerte. Früher schon bemerkte DUGGE (38) einen erhöhten Widerstand "bei rasch fallendem Luftdruck, besonders aber vor und zu Beginn des Föhns". Auf eine Beziehung des el. HW zu Frontdurchgängen und Föhn wiesen auch HIRSCHBERGER u. REITER (75) hin, ferner gaben sie "deutliche Zusammenhänge" zwischen Sonneneruptionen und den zeitlichen Variationen des el. HW an.

Über spezifische Veränderungen des HW zu bestimmten Jahreszeiten liegen gegensätzliche Meinungen vor. Während BARNETT (13) und SCHAEFER (144) in den Wintermonaten niedrigere Widerstände feststellten als in den Sommermonaten, war nach AUE u. BECKER (5) sowie nach neueren Untersuchungen von RUTENFRANZ (140) der durchschnittliche HW im Winter höher als im Sommer.

3. Haut- und Körpertemperatur

Nur vereinzelt wurde bei Untersuchungen des HW eine Beziehung zur Hauttemperatur berücksichtigt und dabei ein kausaler Zusammenhang nicht mit Sicherheit nachgewiesen. MINOR (104) beobachtete in nur 4 von 11 Fällen traumatischer Verletzungen des Hals-Sympathicus auf der betroffenen Seite eine geringere Hauttemperatur bei gleichzeitig erhöhtem Leitungswiderstand, und AICHINGER (1) fand nach Anwendung von Rubefacientien "keinerlei Bindungen" der Polarisationsspannungen der Haut an die elektrothermometrisch gewonnene Hauttemperaturkurve. BAKER und TAYLOR (12) stellten bei Belastungsversuchen einen Anstieg der Hauttemperatur und einen Abfall des HW fest, waren sich jedoch nicht klar, ob die HW-Veränderung durch die Veränderung der Hauttemperatur bedingt war.

Etwas ausführlicher sind die Angaben über HW und Körpertemperatur. Nach WALLER (165) und RICHTER (134) variiert der HW "umgekehrt zur Körpertemperatur", ist diese hoch, so ist der HW niedrig und umgekehrt. Zu entsprechenden Befunden kam GERNAND (50), der eine "Parallelität der Hautleitwerte mit der Körpertemperatur" ermittelte. Ein charakteristisches Verhalten der Leitwerte im Fieber beschrieben GERNAND (50), sowie RAUCH (118), FORELL (44) und NESSWETHA (106) in künstlichen Fieberversuchen mit Pyrifer: Bei jeder Temperatursteigerung stieg auch die elektrische Leitfähigkeit der Haut, der maximale Fieberanstieg lag aber immer eine bzw. mehrere Stunden vor dem Anstieg der Leitwerte. Erst im Stadium des Fieberabfalles und der damit verbundenen vermehrten Hautwasserabgabe kam es zu den wesentlichen Veränderungen der Leitfähigkeit.

Ein früheres Ansteigen der Körpertemperatur gegenüber dem der Hautwasserabgabe und damit der Hautleitwerte betonte auch REGELSBERGER (124). Die Kurve der Hautwasserabgabe geht dabei den rhythmischen Veränderungen der Leitwerte eindeutig parallel, während die Temperaturkurve als "Summierung der Temperaturwerte sehr vieler und keineswegs immer gleichartiger Wärmeprozesse" unbeweglicher und starrer sei und" nur bei völlig ausgeruhten und in ihrem Vegetativum ausgeglichenen Vpn." der Leitwertkurve gleichgerichtet verlaufe.

4. Hautdurchblutung

Der Einfluß der Durchblutung der Haut auf den el. HW wird in der Literatur verschieden beurteilt. RICHTER (134) referierte Befunde von WELLS (167), wonach eine Vasokonstriktion mit HW-Abfall und eine Vasodilatation mit HW-Anstieg verbunden sei, er selbst konnte jedoch keine sichere HW-Veränderung weder bei Konstriktion noch bei Dilatation beobachten. Lediglich der Palmar-HW wies bei Dilatation der Kapillaren nach vorhergehender 30 Minuten langer Unterbindung der Blutzufuhr "wenn überhaupt einen Unterschied, dann einen Abfall" auf.

Gege eine feste Korelation zwischen el. HW und dem Grad der Hautdurchblutung wandten sich des weiteren REIN (130), MEISSNER (102), HENSSGE (72), DUGGE (38), DARROW (33) und NESSWETHA (106), während ALBRECHT (2) ein Absinken des HW bei stärkerer Durchblutung, AICHINGER (1) bei Anwendung von hautreizenden Stoffen "je nach dem individuell

verschiedenen Tempo der Änderung des Tonus der terminalen Strombahn hohe oder niedrige Amplituden" in der Leitwertkurve und HEINICKE u. HEIDELMANN (65) bei schweren einseitigen Angiopathien eine Erhöhung des el. HW am kranken Glied im Gegensatz zur gesunden Seite beschrieben. In Einklang mit diesen letzteren Befunden stehen Beobachtungen von RANDALL, DEERING und DAUGHERTY (117), die nach längerdauernder Gefäßunterbindung eine Abnahme der Hautwasserabgabe registrierten.

5. Körperliche Aktivität

Eine weitgehende Übereinstimmung besteht in der Literatur darüber, daß körperliche Arbeit den Widerstand und das elektrische Potential der Haut senkt (SILVA u. PESCAROLO (150), RICHTER (134), REGELSBERGER (124), KELLER (36), STRAUSS(153), STRAUSS u. MÜLLER (154), BORNEMANN(21), SAVIANO (143), OSTROP (110), STOLLBERG (151), GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61), BLANK u. FINESINGER (17), BAKER u. TAYLOR (12), RUTENFRANZ u. WENZEL (142)). Unterschiedlicher Meinung sind die Autoren jedoch über den Schweregrad der Arbeit, die einen Einfluß auf den HW auszuüben vermag.

So stellte SAVIANO (143) nur bei schwerster, bis zur Erschöpfung durchgeführter Arbeit, gemessen am Krogh'schen Fahrradergometer, eine Erniedrigung des HW für Gleichstrom etwa um 38 %, für Wechselstrom etwa um 23 % fest. Ebenso war REGELSBERGER (124) der Ansicht, daß nur "eine ungewöhnliche Steigerung der Leistung" - z.B. 50 Kniebeugen (122) - "eine Verminderung des Polarisationswiderstandes der Haut erzeugte", während "kleinere Anstrengungen, welche zum Programm des Alltagslebens gehören, keine nachweisbaren Ausschläge hervorbringen". RUTENFRANZ u. WENZEL (142) konnten dagegen "schon nach 15 Minuten leichter Stanzarbeit" eine signifikante Erniedrigung des HW nachweisen. Auch RICHTER (134) fand, daß "leichte körperliche Arbeit" eine Abnahme des HW an den Handrücken zur Folge hat: Bei Ausstrecken der Arme und Belastung mit kleinen Gewichten sank der "Dorsum-HW" von 290 000 Ohm auf 20 000 Ohm innerhalb von 5 Minuten. Ferner beobachteten STOLLBERG(151) nach kurzer Gymnastik eine Verringerung des el. HW und GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61) schon nach einem Spaziergang oder nach dem Kofferpacken "hohe Zacken" im EDG, wobei jedoch zu erwähnen ist, daß STOLLBERG sowie GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE ihre Ergebnisse an an Kindern gewannen.

Zur Klärung der differierenden Befunde haben RUTENFRANZ u. WENZEL (142) die Wirkung verschieden schwerer körperlicher Arbeit bei Erwachsenen unter möglichst konstanten Klimabedingungen untersucht. Am Fahrradergometer wurde genau dosierte Arbeit zwischen 5 und 25 mkp/sec geleistet. Dabei ergab sich schon bei Arbeiten von 10 mkp/sec nach 7,5 Min. eine Erniedrigung des HW um 35 %, bei schwereren Arbeiten bis zu 25 mkp/sec "bei weitgehender Erschöpfung der Vp." nach 7,5 Min. eine Abnahme bis zu 95 % des Ausgangswertes. In Verbindung mit den gleichzeitig durchgeführten Klimauntersuchungen kamen RUTENFRANZ u. WENZEL (142) zu dem Schluß, daß der HW umso niedriger, "je schwerer die zu verrichtende körperliche Arbeit bzw. je höher die Umgebungstemperatur war". Die Ursache für dieses Abfallen des HW erblickten die Verfasser in einer wärmeregulatorisch bedingten vermehrten Hautwasserabgabe durch die Schweißdrüsen, wobei der HW mit steigender Hautwasserabgabe geometrisch-progressiv abnahm. "Eine gleiche Zunahme der Hautwasserabgabe rief darum eine umso größere Widerstandserniedrigung hervor, je höher der Ausgangswiderstand war", welcher wiederum individuell und je nach Umgebungstemperatur variieren kann. Bei größeren Hautwasserabgaben "näherte sich der HW asymptotisch einem Grenzwert".

Eine körperliche Tätigkeit wird also immer dann eine Erniedrigung des HW zur Folge haben, wenn damit eine vermehrte Hautwasserabgabe verbunden ist. Die Haut braucht dabei aber nicht sichtbar feucht zu werden, ein Umstand, auf den schon RICHTER (134) und KELLER (86) hinwiesen, und der in den Ergebnissen von RUTENFRANZ u. WENZEL eine experimentelle Bestätigung findet. Für das Verhalten des HW nach Arbeitsleistungen ist ferner die schon erwähnte funktionelle Trennung der Schweißdrüsen nach KUNO (95) und FREEMANN u. DARROW (46) in solche, die wärmeregulatorisch, und solche, die auf psychische Reize hin reagieren, zu beachten.

Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge konnten RUTENFRANZ und WENZEL (142) die unterschiedlichen Angaben in der Literatur weitgehend klären und auch die abweichenden Resultate von SAVIANO (143) entsprechend interpretieren. SAVIANO bestimmte den HW an den vorher lauwarm abgewaschenen Innenflächen der Finger, nach KUNO also an einer für wärmeregulatorische Vorgänge unzutreffenden Stelle. Zudem waren infolge der Versuchsanordnung die Ausgangswiderstände niedrig, der HW konnte daher nach den Beobachtungen von RUTENFRANZ und WENZEL trotz hoher Hautwasserabgabe nur noch wenig abnehmen.

6. Ermüdung

In enger Beziehung zu den Veränderungen des elektrischen Verhaltens der Haut bei körperlicher Tätigkeit stehen Versuche, die Messung aktiv- und passiv-elektrischer Eigenschaften der Haut zur Bestimmung der physischen Ermüdung heranzuziehen. Schon früh hatten STRAUSS(153) und STRAUSS u. MÜLLER (154) nach ermüdender körperlicher Arbeit eine Zunahme des Hautpotentials der äußeren Haut gegenüber der Lippenschleimhaut, kenntlich an einer Abnahme der Potentialdifferenz zwischen Lippe und Hand, beschrieben und in der Zeit der Rückbildung dieser Potentialverschiebung ein Maß für die Ermüdung des Organismus gesehen. KELLER (86) deutete diese "neurogalvanischen Ermüdungserscheinungen" (STRAUSS(153)) als eine Folge latenter Schweißbildung. Es liegt nahe, darin auch die Ursache für die "Ermüdungserscheinungen" zu erblicken, die REGELSBERGER (124) mitteilte: Nach großen körperlichen Anstrengungen stieg am Abend die Durchschnittskurve der elektrischen Leitfähigkeit zu einem hohen Niveau an, und ließ den "abendlich eintretenden Kurvenabstieg vermissen".

Es wurde auch versucht, mit dem el. HW die psychische Ermüdung objektiv zu erfassen. HEINZE (66) entwickelte ein Verfahren, das den zeitlichen Ablauf des psychogalvanischen Reflexes zur "unmittelbaren Ermüdungsmessung" verwertete. SCHMIDTKE (146) und HEITBAUM (67) diskutierten innerhalb psychologischer Fragestellungen die Möglichkeit, die von RUTENFRANZ (138) ermittelten tageszeitlichen Unterschiede des el. HW zur Erkennung von Ermüdungsvorgängen zu verwenden. Die Beziehung dieser tageszeitlichen Schwankungen des el. HW zu den arbeitsphysiologischen Problemen der Leistungsbereitschaft, wie sie von GRAF (59), RUTENFRANZ (138), HELLBRÜGGE und RUTENFRANZ (68) aufgezeigt wurden, seien jedoch der späteren Diskussion vorbehalten.

7. Schlaf und Schlaftiefe

Auch das Verhalten des el. HW im Schlaf soll, soweit es sich um tageszeitliche Schwankungen innerhalb einer 24-Stunden-Periode handelt, bei der Erörterung der Tagesperiodik genauer besprochen werden. Im vorliegenden Zusammenhang seien nur Beobachtungen erwähnt, in denen zu der Größe des el. HW im Schlaf überhaupt, auch am Tage, und speziell zu seiner Veränderung mit der Schlaftiefe Stellung genommen wird. Der Schlaf hat dabei nicht als Einfluß im Sinne eines exogenen Faktors zu gelten, sondern er ist Ausdruck einer veränderten vegetativen Reaktionslage des Organismus, die sich auch auf den el. HW auswirken kann.

RICHTER (132) gelangte zu dem Ergebnis, daß der el. HW an den Handinnenflächen sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern (135) während des Nachtschlafes, bei psychisch Kranken auch am Tag, anstieg und zwar umso höher, je tiefer der Schlaf war. An den Handrücken dagegen zeigte sich teils ein Anstieg, teils ein Abfall des HW. Einen Anstieg fand RICHTER (132) bei Vpn., die sich im Schlaf ganz entspannen konnten und am Morgen ausgeruht und frisch waren, während bei Vpn., die unruhig schliefen und sich beim Erwachen müde fühlten, ein Abfall des HW zu verzeichnen war. Die Messung des el. HW ist deshalb nach RICHTER (132) auch eine Methode, um die Schlaftiefe zu registrieren, sowie einen gesunden von einem pathologischen Schlaf zu unterscheiden.

Eine Korrelation des el. HW bzw. der Leitwerte zur Schlaftiefe, jedoch im umgekehrten Verhältnis als RICHTER, stellte auch REGELSBERGER (123, 124) fest: je größer die Schlaftiefe, desto niedriger war der HW. Ebenfalls eine Erniedrigung des HW erhielt STOLLBERG (151) bei Kindern im Schlaf am Tag und in der Nacht. Bei Nacht ist das Ausmaß des HW-Abfalls nach STOLLBERG einmal vom individuellen Tageskurventyp, zudem aber auch von der Schlaftiefe abhängig.

In Übereinstimmung mit REGELSBERGER (123, 124) konnte SCHUSTER (147) in fortlaufenden HW-Bestimmungen bei Nacht mit dem REGELSBERGER'schen Gerät ein Maximum der Leitwerte um Mitternacht nachweisen. Durch gleichzeitige Registrierung der Schlafbewegungen mit einem auf seismographischem Prinzip arbeitenden Apparat kam er zu dem Schluß, daß das Maximum der Leitfähigkeit dem Maximum der Schlaftiefe entspricht.

8. Psychische Einflüsse

Die Tatsache, daß sich die elektrische Leitfähigkeit der Haut bei psychischen Erregungen verändert, war, wie bereits dargelegt wurde, unter dem Begriff des psychogalvanischen Reflexes schon seit den Arbeiten von TARCHANOFF (158) und VERAGUTH (161) in der elektrophysiologischen Literatur bekannt. Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, den psychogalvanischen Reflex mit oder ohne Hilfsstrom zur Erkennung psychischer Vorgänge heranzuziehen, ein bekanntes Beispiel aus der neueren Zeit ist der vor allem in Amerika gebräuchliche sog. "Lügendetektor".

Auch nicht-reflektorische Veränderungen des el. HW auf Grund seelischer Einflüsse, meist im Sinne einer HW-Abnahme, wurden mehrfach beschrieben. EBBECKE (39) fand psychisch bedingte Schwankungen des el. HW an den Handflächen, RICHTER (132, 135) eine Senkung des HW an den Handrücken während Angstzuständen und eine Inkonstanz des "Palmar-HW" bei seelischer und geistiger Beunruhigung. Ebenso beobachteten DUGGE (38) und STOLLBERG (151) eine Verminderung des HW nach psychischer Erregung.

Ein psychischer Einfluß auf die Leitfähigkeit der Haut wird besonders dann verständlich, wenn der psychische Reiz eine Änderung der Hautwasserabgabe, z. B. das affektive Schwitzen an den Handflächen und Fußsohlen (KUNO(95), FREEMANN und DARROW (46)) zur Folge hat. Trotzdem ist bei diagnostischen Schlüssen nach BORNEMANN (21) Zurückhaltung geboten. Auch REGELSBERGER (124), der eine Leitfähigkeitsänderung als Begleiterscheinung seelischer Vorgänge möglich hält, mahnte bei Aussagen über eine bestimmte psychische Situation auf Grund besonders gearteter Leitwertkurven zu "großer Vorsicht". Die Anwendung des Lügendetektors wurde in ausführlichen psychiatrischen Studien ebenfalls als nicht zuverlässig erwiesen (REGELSBERGER (124)).

9. Geschlechtsunterschiede

Die wenigen Angaben in der Literatur über geschlechtsspezifische Eigenheiten des el. HW sind widersprechend. Während JOLLY (80) und GERSTNER(53) bei Männern im Durchschnitt höhere HW-Werte fanden als bei Frauen, und auch REIN (129) - allerdings nur an je 3 Vpn. - beobachtete, daß der "Scheinwiderstand an männlicher Haut am Unterarm stets viel höher" als

an weiblicher sei, betonte BAITSCH (8) bei HW- Untersuchungen an den Fingerbeeren von insgesamt 433 Vpn. mit der REGELSBERGER'schen Apparatur eine Geschlechtsdifferenzierung insofern, als Männer durchschnittlich höhere Leitwerte, also niederere Widerstände besitzen als Frauen. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der Frauen ($38,7 \cdot 10^{-7}$ A) und dem der Männer ($42,9 \cdot 10^{-7}$ A) beträgt jedoch nur $4,2 \cdot 10^{-7}$ A, was umgerechnet etwa einem Wert von 47 Kilo-Ohm entspricht, sodaß ein statistisch gesicherter Unterschied fraglich erscheint. Zu diesem Resultat kam in einer schon älteren Arbeit auch HENSSGE (72), dessen Widerstandsmessungen an der Hohlhand von Männern und Frauen keine wesentlichen Unterschiede ergaben.

10. Tagesperiodik

Neben den Veränderungen des el. HW auf Grund der bisher beschriebenen exogenen und endogenen Einflüsse wurden von mehreren Autoren auch Unterschiede des el. HW zu verschiedenen Tageszeiten beobachtet, die sich durch die erörterten Faktoren allein nicht erklären ließen.

Schon REMAK (131) fiel 1858 bei seinen Untersuchungen über den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers auf, daß dieser bei demselben Menschen zu verschiedenen Zeiten an derselben Hautstelle in jeweils gleicher Weise geprüft, nicht immer gleich war, und er hielt u. a. eine "wechselnde Leitungsfähigkeit der feuchten Gewebe" als Ursache dafür möglich. SILVA u. PESCAROLO (150) konnten dagegen 1890 - mit noch unbefriedigender Methodik - am selben Individuum "keine bemerkenswerten Verschiedenheiten an den verschiedenen Tageszeiten" erkennen. Von EBBECKE (39) wurden 1921 Veränderungen infolge "zeitlich wechselnder Empfindlichkeit (Erregbarkeit) der Hautzellen" und von REGELSBERGER (119) in einer I. Mitteilung 1924 "erhebliche Schwankungen" der Mittelwerte des el. HW an einzelnen Hautstellen je nach Tageszeit beschrieben, jedoch noch ohne genauere Angaben.

Nähere Einzelheiten über tagesperiodische Unterschiede des el. HW wurden erstmals von WALLER (165) 1919 in England und von RICHTER (132, 133) 1926 und 1928 in den USA angegeben.

WALLER (165) hat den HW an der linken Handfläche in 1 - 2-stündlichen Intervallen über mehrere Tage hin verfolgt und eine "diurnal periodicity" der elektrischen Leitfähigkeit gefunden, die sich dem Tagesgang der Körpertemperatur annähernd parallel verhielt. Sie war am Morgen niedrig, höher um die Mittagszeit und wieder niedrig am Abend, der HW verhielt sich entsprechend umgekehrt. Während der Nacht war der HW etwa 7 mal so hoch wie am Tage.

Diese Befunde, die WALLER (165) an sich selbst erhoben hatte, wurden in den systematischen Untersuchungen über HW-Veränderungen während des Tages von RICHTER (133) nur teilweise bestätigt. An insgesamt 26 gesunden und 66 psychopathischen Vpn. hat er in stündlichen Abständen während eines Tages und an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen den el. HW der Handflächen und der Handrücken bestimmt und dabei starke individuelle Unterschiede gefunden, die bei den kranken Vpn. noch deutlicher ausgeprägt waren als bei den gesunden. Trotz der großen Variabilität der Einzelkurven ließen sich verschiedene Typen und häufig vorkommende gemeinsame Merkmale erkennen. Der "Palmar"-Widerstand zeigte in der Mehrzahl der Fälle am Morgen und Vormittag höhere Werte als am Nachmittag und Abend. Eine Mittagssenke in der Form, wie sie WALLER (165) erhielt, konnte RICHTER (133) nur in einigen Kurven nachweisen. Der HW an den Handrücken, der im Vergleich zu dem an den Handflächen meist höher lag, zeigte nach den abgebildeten Kurven ebenfalls überwiegend ein höheres Niveau in der 1. Tageshälfte, sowohl bei den Normalpersonen als auch den psychisch Kranken. Im Zusammenhang mit diesen Messungen der tageszeitlichen Veränderlichkeit des HW sei an die Untersuchungen RICHTERs (132) über die Beziehung des HW zum Schlaf erinnert (s. S. 24), nach denen er schon 1926 bei stündlichen Registrierungen in der Nacht, bei stuporösen Patienten auch am Tag eine Zunahme des el. HW während des Schlafes feststellte.

In der Folgezeit waren auch in Deutschland tageszeitliche Schwankungen sowohl des Gleichstromwiderstandes als auch der aktiv in der Haut auftretenden Potentiale Gegenstand mehrerer Veröffentlichungen.

Bei einer genaueren Analysierung der Hautpotentiale unterschied KELLER (87) 1931 Grundpotentiale, die als Eigenpotentiale der Epidermismembran anzusehen sind, ferner Tonuspotentiale, die nur zeitweise und nur an manchen Hautstellen (Hände, Füße, Unterarme, Stirn) als Ausdruck "lokaler vegeta-

tiver Erregungszustände" auftreten, und Kationenpotentiale, die besonders bei Anreicherung von Kationen durch Schweißabsonderung vorkommen. Die Rückbildung der Tonuspotentiale kann nun eine tageszeitliche Abhängigkeit insofern zeigen, als die Neigung zum Verlust am Abend bei einigen Vpn. größer ist als während des Tages, ein Befund, der von STRAUSS(153) mit Ermüdungserscheinungen in Zusammenhang gebracht wurde. Ebenso weist die Größe der Grundpotentiale, gemessen an den Streckseiten der Unterarme, bei normalen Vpn. Tagesschwankungen auf. In Messungen um 10^h, 13^h, 16^h und 19^h war um 13^h eine deutliche Negativität des Grundpotentials festzustellen. Die sofort anschließende Bestimmung des Gleichstromwiderstandes an denselben Hautstellen ergab, "daß der negativen Mittagsschwankung eine elektive Herabsetzung des Gleichstromwiderstandes entsprach" (KELLER (87)).

Bei seinen Studien "Über den Galvanismus der menschlichen Haut" hat auch REGELSBERGER (120) 1930 tageszeitliche Schwankungen des el. HW beobachtet und seither über dieses "rhythmische Phänomen der Haut" zahlreiche Untersuchungen veröffentlicht (120-128). In stündlichen Messungen der "Leitwerte" der Haut mit der eingangs geschilderten Apparatur fand er eine für die gesamte Körperoberfläche "überraschend kongruent" verlaufende gesetzmäßige sog. "Tagesrhythmik der Hautpolarisation" und schlug dafür die Bezeichnung "Elektrodermatogramm" (EDG) vor. Als "Grundphänomen" des normalen EDGs beschrieb er einen "sprunghaften Anstieg der Stromstärkewerte" im Anschluß an die Mahlzeiten früh, mittags und abends und deutete diese "Nahrungsgipfel", die jedoch nicht unmittelbar mit der Nahrungsaufnahme in Beziehung zu stehen brauchen, als bedingte und unbedingte Reflexe nach PAWLOW. Während der Nacht sind die Leitwerte erhöht, der Widerstand also - im Gegensatz zu den Befunden RICHTERs (133) - niedrig. Das Kurvenbild der elektrischen Leitfähigkeit wird nach REGELSBERGER (124) von 2 Komponenten bestimmt: der sog. "Grundrhythmik", auf die das allgemeine Niveau des EDG zurückgeht, und die "Kurzrhythmik", deren Ausdruck die Erhöhung der Stromstärkewerte über das Kurvenniveau hinaus sind. Während der Grundrhythmus oder "Dauertonus" nach REGELSBERGER seine elektrobiologische Ursache in der Tätigkeit der Schweißdrüsen hat, hängt das Zustandekommen der raschen Kurvenausschläge nur von der "Perspiratio insensibilis" der Epithelzellen ab, die entsprechend einer "den Epithelzellen von höheren vegetativen Steuerungsorganen des Zwischenhirns aus aufgeprägten Rhythmik" (124) erfolgt.

REGELSBERGER selbst und viele nachfolgende Autoren, die sich seiner Methode bedienten, haben, wie noch gesondert referiert werden soll, aus Abweichungen von der oben beschriebenen Normalkurve diagnostische Schlüsse zu ziehen versucht. Das EDG erscheint deshalb in der Literatur meist im Zusammenhang mit klinischen Fragestellungen. Publikationen über tagesperiodische Unterschiede des HW unter physiologischen Verhältnissen finden sich dagegen außer den REGELSBERGER'schen Arbeiten nur vereinzelt.

Zur Beobachtung des Einflusses von Seebädern auf den el. HW erstellte MEISSNER (102) 1935 an 15 gesunden Vpn. in halbstündigen Messungen von 9^h-18^h insgesamt 100 Tageskurven, die individuell verschieden waren, insofern aber übereinstimmten, als alle Kurven "extreme Schwankungen" der HW-Werte besonders zur Mittagszeit aufwiesen und am Vormittag durch ein höheres Kurvenniveau als am Nachmittag ausgezeichnet waren.

Von "erheblichen Spontanschwankungen" des Widerstandes der Haut gegenüber einem Gleichstrom von 4 Volt berichtete ferner RAUCH (118) 1936 auf Grund mehrerer Messungen in der Zeit von 9^h - 20^h an 7 gesunden Vpn. Aus seinen mitgeteilten Befunden über den Verlauf der Ruhekurven ist zu ersehen, daß die höchsten Widerstandswerte am Vormittag und die niedrigsten um die Mittagszeit auftraten; die Abendwerte waren höher als mittags, jedoch niedriger als morgens. Die HW-Schwankungen verliefen annähernd parallel denen der Hautwasserabgabe.

Nach der Methode REGELSBERGERs hat NESSWETHA (106) 1953 mehrere gesunde Vpn. über einen längeren Zeitraum tagsüber in Abständen von 1 1/2 Stunden gemessen und von "mannigfaltigen Formen" des EDG berichtet. Die als "typisch" bezeichnete Kurve weist jedoch nach der Abbildung ein ziemlich tiefliegendes, flaches Niveau ohne nennenswerte Ausschläge auf. Er untersuchte auch das EDG bei Nacht und fand im Vergleich zum Tages-EDG einen weitgehend "einheitlichen" Verlauf, wonach - in Übereinstimmung mit REGELSBERGER (124) - die Leitwerte in den späten Abendstunden ansteigen, etwa um Mitternacht ein Maximum erreichen und zum Morgen hin wieder abfallen.

"Tageszeitliche Schwankungen" der elektrischen Leitfähigkeit der Haut, die den Schwankungen der Körpertemperatur parallel gingen, bemerkte auch GERNAND (50) 1957. Er hat aber nur 2-mal am Tag, in der Zeit zwischen 10^h u. 11^h und 15^h u. 16^h, an gesunden und tbc-kranken Vpn. aus 3 un-

mittelbar hintereinander erfolgten Bestimmungen der Hautleitwerte jeweils den Mittelwert errechnet, wobei die Werte am Nachmittag höher lagen als am Vormittag, die Widerstände also morgens höher waren als nachmittags.

Neben dem von REGELSBERGER (124) angegebenen dreigipfligen, den Mahlzeiten entsprechenden Tagesgang des el. HW ergab sich also aus den Befunden der anderen Autoren als charakteristisches Verhalten des el. HW während des Tages ein hohes Widerstandsniveau am Vormittag, ein niederes am Nachmittag und Abend (WALLER (165), RICHTER (133), MEISSNER (102), RAUCH (118), GERNAND (50)). Vereinzelt wurde eine Mittagssenke gefunden (WALLER (165), KELLER (87)). Die bei Erwachsenen nur selten durchgeführten Nachtmessungen ergaben bei WALLER (165) und RICHTER (132) hohe Widerstände bei Nacht im Gegensatz zu REGELSBERGER (124) und NESSWETHA (106), die nachts einen niederen HW fanden.

In letzter Zeit hat sich RUTENFRANZ (138, 139) erneut mit dem Problem der Tagesrhythmik des el. HW befaßt und stündliche Messungen während des Tages und der Nacht mit Gleichstrom und Wechselstrom an gesunden erwachsenen Vpn. durchgeführt. Die Einzelkurven wiesen große inter- und intraindividuelle Schwankungen und "keine starren Wiederholungen bestimmter Schwankungsphasen" (138) auf, bei Mittelwertsberechnungen aus 21 bzw. 29 Tagesverläufen ließen sich jedoch statistisch gesicherte gesetzmäßige tagesperiodische Unterschiede des HW feststellen: Die zweigipflige Tageskurve zeigte Maxima um 10^h und 19^h und eine Mittagssenke gegen 13^h; bei Nacht, besonders nach dem Einschlafen, fiel der HW bis zu einem Minimum gegen 1^h, um zum Morgen hin wieder anzusteigen. Dieser Tagesgang des el. HW war sowohl bei der Mittelwertskurve der Gleichstrom- als auch der Wechselstrommessungen zu erkennen, RUTENFRANZ erblickte deshalb darin den physiologischen "Grundrhythmus" (138) des el. HW bei Erwachsenen und setzte ihn in Beziehung zu Änderungen der Hautwasserabgabe, "wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Tagesgang der Wärmeregulation" (139).

IV. KLINISCHE ANWENDUNG DES EL. HW

Zusammenfassend läßt sich aus den erörterten Einflußmöglichkeiten auf den el. HW die Feststellung machen, daß Veränderungen der Hautwasserabgabe, sei diese exogen oder endogen bedingt, eine Hauptursache für Veränderungen des el. HW darstellen. Es liegt nahe, auch umgekehrt aus Schwankungen des el. HW gewisse Schlußfolgerungen auf die Hautwasserabgabe zu ziehen. Da diese vom vegetativen Nervensystem reguliert wird, wurde versucht, durch Messung des el. HW auf die Innervationsverhältnisse der Haut, besonders der Schweißdrüsen zu schließen, zudem aber auch einen Einblick in die allgemeine vegetative Tonuslage des Gesamtorganismus zu gewinnen. Die klinischen HW-Untersuchungen, die von RUTENFRANZ (139) im Überblick beschrieben wurden und hier nur in ihrer grundsätzlichen Problematik dargestellt werden sollen, können im wesentlichen in zwei Gruppen eingeteilt werden: 1. Vergleichende Einzelmessungen in verschiedenen Hautsegmenten, 2. Fortlaufende Registrierung der rhythmischen HW-Veränderungen in allen, wie auch in einzelnen Dermatomen.

Zu der Gruppe 1 gehören vor allem HW-Bestimmungen in der Neurologie zur Abgrenzung von Ausfallsgebieten an der Haut nach peripheren Nervenläsionen (MINOR (104), JASPER u. ROBB (79), RICHTER u. MALONE (136), WHELAN (169), DANIELCZYK u. LOEB (32)), zur Beurteilung der Wirkung von Sympathektomien (BLOCK, BEIER, STEPHAN u. WANDEL (18), WHELAN (169), JASPER u. ROBB (79) u. a.), sowie zur topischen Rückenmarksdiagnostik nach traumatischen Querschnittslähmungen (REGELSBERGER jr. (128), DANIELCZYK u. LOEB (32)) oder bei Poliomyelitis im Erwachsenen-und im Kindesalter (DANIELCZYK u. LOEB (32), BROWN u. BRUESCH (24), ESPADALER MEDINA (43)). In fast allen Fällen wurde bei Ausfall bzw. Verletzung des Sympathicus ein erhöhter Widerstand in den betroffenen Hautpartien gefunden. Ebenfalls zur 1. Gruppe sind HW-Messungen bei dermatologischen Krankheitsbildern zu zählen, wie sie z. B. WAGNER (163) zur Erkennung von Schweißdrüsenmangel oder GOUGEROT (58) sowie BOHNSTEDT u. SCHULZ-KLEE (20) bei Ekzemen, Neurodermitis, Psoriasis, Naevi u. a. zum Vergleich mit gesunden Hautstellen vornahmen. Auch in der inneren Medizin und Kinderheilkunde wurden veränderte Widerstandswerte über einzelnen Hautgebieten zu diagnostischen Aussagen herangezogen. BAIRD, STANTON u. SPIEGEL (7) beobachteten bei Kindern mit einer akuten, sehr

schmerzhaften Appendicitis in den entsprechenden Head'schen Zonen immer eine Erhöhung der Hautpotentiale, während der Hautwiderstand teils erhöht, teils erniedrigt war. Für das Zustandekommen dieses "viscero-galvanischen Reflexes" machten die Verfasser nicht nur eine Stimulierung der Schweißdrüsen gemäß dem "viscero-sudoralen Reflex" nach GUTTMANN (63) verantwortlich, sondern dachten auch an eine reflektorische Wirkung auf die Permeabilität der Hautzellen. Die schon erwähnte Annahme von CROON (29), daß Leitfähigkeitsänderungen an besonderen "Reaktionsstellen" der Haut Funktionsstörungen innerer Organe anzeigen ("Elektro-Neural-Diagnostik"), konnten STURM (155) und STURM u. LUDWIGS (156) nicht bestätigen.

Neben diesen Einzelbestimmungen des el. HW wurde in der inneren Medizin und Kinderheilkunde jedoch häufiger die Registrierung rhythmischer HW-Schwankungen (Gruppe 2) für die klinische Diagnostik verwertet. Hier ist besonders REGELSBERGER (124) zu nennen, der sein EDG als vollwertige Untersuchungsmethode in die Klinik einzuführen versuchte.

Eine in allen Segmenten nachweisbare Niveauverschiebung des EDG nach oben, also allgemein niedrige Widerstände, hielt REGELSBERGER (120, 124) für den Ausdruck einer Sympathicotonie, während eine niedere Kurvenlage, d. h. hohes Widerstandsniveau, eine Vagotonie charakterisieren soll. Diese Ansicht stützte er auf Beobachtungen von VIGOUROUX (162) und RICHTER (134), die bei Hyperthyreosen einen relativ niederen und bei Hypothyreosen einen erhöhten HW feststellten. Eine Tieflage des EDG, die sog. "Depressionskurve", fand REGELSBERGER (124) außer bei der Hypothyreose auch bei allen Schwerkranken und bei einer Patientin mit akutem tuberkulösen Infiltrat im linken Oberlappen, BLOEDNER (19) dagegen bei sich zurückbildenden Tuberkulosen. BINGEL (16) beschrieb sie in einem Fall von katatonem Stupor, ENSTE u. MEYER (42) bei Depressiven und Melancholikern, STOLLBERG (151) bei Myxödem, Pubertätsmagersucht, Asthma bronchiale, Enuresis und bei ganz gesunden Kindern. Hochlage des EDG soll neben der Thyreotoxikose (REGELSBERGER (122, 124)) noch bei progredienter Lungentuberkulose (BLOEDNER (19)), bei Hebephrenien (ENSTE u. MEYER (42)) und anderen Krankheiten vorkommen. STOLLBERG (151) erhielt EDG-Kurven mit hohem Niveau aber auch unter völlig normalen Voraussetzungen.

Verschiebungen der Gipfelrhythmik in einzelnen Segmenten ("Phasen- oder Schablonenverschiebungen") beobachteten REGELSBERGER (124), REGELSBERGER u. SEYDEWITZ (126), REGELSBERGER u. WEISER (127), BLOEDNER (19), GERNAND (51) bei Krankheiten des Magen-Darmtraktes, der Leber und der Lunge. In einer als "Vegetonogramm" bezeichneten Versuchsanordnung benütztem GRATZL u. MARTIN (60) die wiederholt in mehreren Dermatomen hintereinander gemessenen EDG-Werte zu Rückschlüssen auf den neuro-vegetativen Gesamtstatus und die Regeltätigkeit des Vegetativums.

HW- und EDG-Veränderungen wurden also mit den verschiedensten Krankheitsbildern in Beziehung gesetzt. Während die Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen el. HW und Aktivitätsgrad der Schweißdrüsen übereinstimmende Resultate zeigten, bieten die klinischen Folgerungen aus den beschriebenen EDG-Typen kein einheitliches Bild. Meistens handelt es sich um Einzelbefunde oder statistisch nicht gesicherte Ergebnisse, die von anderen Untersuchern nicht bestätigt werden konnten (NESSWETHA (106), STOLLBERG (151), MARK (100), RUTENFRANZ (139)). STOLLBERG (151) hat in einer großen Versuchsreihe bei gesunden und kranken Kindern 5 verschiedene EDG-Typen ermittelt, aber keine gehäufte Verteilung bestimmter Kurven vorgefunden und das EDG deshalb in der Differentialdiagnostik von Erkrankungen im Kindesalter als nicht ausschlaggebend und brauchbar angesehen. Es sei oftmals nur möglich, "nach Bekanntsein der klinischen Diagnose die Abweichungen des EDG vom Normalverlauf zu erklären, jedoch nicht umgekehrt auf die Diagnose zu schließen".

Die gleichen Einschränkungen gelten bei der Beurteilung des Funktionszustandes des vegetativen Nervensystems auf Grund absoluter HW-Werte oder des EDGs. Dafür ist als erstes ein genauer Einblick in anatomische und funktionelle Gegebenheiten notwendig.

Nach den Untersuchungen von CLARA (28), GUTTMANN (62) u. a. verlaufen die afferenten Nervenbahnen für die ekkrinen Schweißdrüsen im Grenzstrang des Sympathicus. Die nur in der Axilla, Analgegend, an Genitale und Mamillen vorhandenen apokrinen Schweißdrüsen (BECKER (15)) kommen für Veränderungen des el. HW in unserer Fragestellung nicht in Betracht. In physiologischen und pharmakologischen Untersuchungen von DALE (30), DALE u. FELDBERG (31), HESS (73) u. in neuester Zeit von BRÜCKE (25) und JABONERO (77) konnte nachgewiesen werden, daß die Nervenfasern

für die ekkrinen Schweißdrüsen - obwohl sie anatomisch sympathischen Ursprungs sind - bei Erregung keinen sympathischen, sondern einen parasympathischen Überträgerstoff freisetzen, daß sie also entsprechend der von DALE (30) vorgeschlagenen Bezeichnung nicht "adrenergischer" sondern "cholinergischer" Natur sind. Damit erklärt sich das schon lange bekannte "pharmakologische Paradoxon der Haut" (PERUTZ (113), BRÜCKE (25)), wonach die morphologisch vom sympathischen Nervensystem versorgte Schweißdrüsentätigkeit vornehmlich durch Parasympathicomimetica gesteigert und durch Parasympathicolytica gehemmt werden kann.

Während ELLIOT (41), HURLEY u. MESCON (76) u.a. die Beteiligung des Adrenalins bzw. adrenergischer Fasern bei der Schweißbildung ablehnten, spielen nach EBBECKE (40), BRÜCKE (25), BRUN (26), BARNETT (14), CHALMERS u. KEELE (27), ROTHMAN (137) die sympathischen Wirkstoffe Adrenalin und Noradrenalin dabei ebenfalls eine Rolle. Dieses sog. "adrenergische Schwitzen" kommt nach ROTHMAN (137) und BRÜCKE (25) jedoch nicht durch eine echte Sekretion der Schweißdrüsen zustande, sondern beruht auf einer "Ausstoßung von schon praeformiertem Sekret aus den Ausführungsgängen der Schweißdrüsen" (BRÜCKE (25)). Nach EBBECKE (40) tritt diese "Expulsion" infolge einer Wirkung des Adrenalins "auf die myoepithelialen Elemente um den aufgeknäuelten Teil der Drüse" besonders bei einer allgemeinen Erregung des Sympathicus, z.B. Angst, Zorn usw. auf, während die "eigentliche, durch cholinergische Nerven hervorgerufene Sekretion im Dienste der Wärmeregulation eher in Zeiten des Überwiegens einer Vaguserregung beobachtet wird". Das emotionale Schwitzen, z.B. an den Handflächen, kann auf diese Weise erklärt werden.

Zur Prüfung des HW-Verhaltens bei verschiedener Innervation der Schweißdrüsen wurden nun von vielen Autoren Untersuchungen des el.HW nach Anwendung bekannter parasympathisch und sympathisch wirksamer Pharmaka durchgeführt, die nahezu übereinstimmend ergaben, daß Parasympathicomimetica, die die Schweißproduktion steigern, gleichzeitig den el.HW herabsetzen, und Parasympathicolytica, durch die die Schweißdrüsentätigkeit gehemmt wird, den el.HW erhöhen. So erhielten CHALMERS u. KEELE (27) sowie AVELING u. McDOWALL (6) nach intradermaler bzw. intravenöser Applikation von Acetylcholin, ferner RICHTER (134), NESS-WETHA (106), AVELING u. McDOWALL (6) und RUTENFRANZ (139) nach Gaben von Pilocarpin, und BRUN (26), DASKALOV, MARKOV u. MILAROV (34) sowie BRAUCH (22) nach Jontophorese bzw. subcutaner Injektion

von Doryl eine erhebliche Verminderung des el. HW. Andererseits wurde durch Atropin subcutan, intramuskulär oder per os ein Anstieg des el. HW beobachtet (RICHTER (134), PERRY u. MOUNT (112), AVELING u. Mc DOWALL (6), GERNAND (50), KLEINSORGE u. STRAUBING (89), STOLLBERG (151)).

Entsprechend den unterschiedlichen Anschauungen über das adrenergische Schwitzen wird auch der Einfluß von Sympathicomimetica und Sympathicolytica auf den HW verschieden beurteilt. Adrenalin scheint nach den Untersuchungen von RICHTER (134) und NESSWETHA (106) keine sichere Wirkung zu haben. Bei den sympathicolytischen Substanzen Dibenamin und Hydergin wurde teils ein Anstieg des HW (HAIMOVICI (64), WAGNER (164), STOLLBERG (151)), teils ein Abfall (WAGNER (164), STOLLBERG (151)), teils keine signifikante Veränderung (NYBERG, ÖSTLING u. GASSTRÖM (108), STOLLBERG (151)) beobachtet.

Aus diesen experimentellen Befunden geht hervor, daß ein niederer HW, d. h. ein hohes EDG-Kurvenniveau, eher einem Parasympathicotonus, der die Schweißsekretion steigert, kennzeichnet, als einen Sympathicotonus, wie REGELSBERGER (120, 124) annahm, und eine Tieflage des EDG nicht einem Parasympathicotonus, sondern eher einem Sympathicotonus entspricht. Diese Auffassung läßt sich gut mit der Theorie von HESS (73) in Einklang bringen, der eine vom Sympathicus bestimmte "ergotrope" von einer mehr parasympathisch betonten "trophotropen" Schaltung des vegetativen Nervensystems unterschied. Die niederen HW-Werte in der "trophotropen" Phase des Schlafes können z. B. durch ein Überwiegen des Parasympathicus gedeutet werden. Ferner ergibt sich für die Erniedrigung des HW nach den Mahlzeiten, die REGELSBERGER (123, 124) als PAWLOW'sche Reflexe betrachtete, eine andere Erklärung durch das auch vagotonisch bestimmte "gustatorische Schwitzen" (PERUTZ (113), ROTHMAN (137), GERNAND (50)).

Die niederen Hautwiderstände bei der Hyperthyreose, die REGELSBERGER (124) als Beweis für die sympathicotone Ursache eines niederen HW-Niveaus anführte, finden nach ROTHMAN (137) ebenfalls eine andere Deutung: ROTHMAN (137) wies darauf hin, daß die feuchte Haut bei Hyperthyreotikern nicht als Folge eines erhöhten Sympathicotonus, sondern als Auswirkung einer durch den erhöhten Grundumsatz bedingten Wärmeregulation anzusehen ist.

Die diagnostischen Anwendungsmöglichkeiten des el. HW sind also sehr gering. Lediglich auf den Funktionszustand der Schweißdrüsen, wie er bei bestimmten neurologischen Fragestellungen von Bedeutung ist, erscheinen Rückschlüsse berechtigt. Darüber hinaus sind jedoch Aussagen über andere Krankheitsbilder oder eine allgemeine vegetative Tonuslage nur aus absoluten Stromstärkewerten, wie sie neben REGELSBERGER (123, 124) auch AICHINGER (1), GRATZL und MARTIN (60), GERNAND (50), ZACH (170, 171), THOMAS und KORR (159), MARK (100) u. a. vornahmen, nur bedingt und mit erheblichen Einschränkungen möglich (STOLLBERG (151), NESSWETHA (106), BRÜCKE (25), RUTENFRANZ (139)).

V. DER EL. HW IM KINDESALTER

Bei der bisherigen Besprechung der Literatur über den el. HW wurden auch Ergebnisse referiert, die von allgemeinen physiologischen oder klinischen Eigenschaften des el. HW handelten, aber in Untersuchungen an Kindern gewonnen wurden. Es sei nur erinnert an Befunde von AUE u. BECKER (5) und BROWN u. BRUESCH (24), wonach eine positive Beziehung des EDG zur Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit besteht, an die Abnahme des el. HW nach körperlicher Tätigkeit, die STOLLBERG (151) sowie GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61) fanden, an die Abhängigkeit des HW von den Schweißdrüsen nach BROWN u. BRUESCH (24) und BAIRD, STANTON u. SPIEGEL (7) und die Veränderung des HW bei poliomyelitischen Lähmungen im Sinne eines Anstieges, die ESPADALER MEDINA (43) und BROWN u. BRUESCH (24) beschrieben. Alle diese Befunde wurden zwar an Kindern erhoben, aber bei Erwachsenen bestätigt und stellen keine spezifischen Eigenheiten des el. HW im Kindesalter dar.

Als altersbedingte Besonderheit des el. HW beim Kind gegenüber den Verhältnissen beim Erwachsenen wird dagegen teilweise von den genannten Autoren und noch von anderen Untersuchern hauptsächlich über Unterschiede in der absoluten Höhe und Veränderungen der Tagesperiodik berichtet.

1. Unterschiedliches Verhalten des el. HW beim Kind

Über die Frage nach der absoluten Höhe des kindlichen el. HW im Vergleich zu dem des Erwachsenen sind die Anschauungen nicht einheitlich. Nur aus historischen Gründen soll ein Befund von JOLLY (80) erwähnt werden, der 1884 neben vielen Erwachsenen auch bei einem 9-jährigen Buben den el. HW bestimmte und "keinen charakteristischen Altersunterschied" feststellen konnte. RICHTER (135) fand den HW sowohl an den Handrücken als auch an den Handflächen bei 50 Neugeborenen sehr viel höher als bei Erwachsenen, während FRICKE (47) bei Säuglingen und Kindern im Alter von 1 Jahr den niedrigsten HW und ein allmähliches Ansteigen desselben bis zum 14. Lebensjahr beobachtete. Diesen letzten Angaben entsprechen Ergebnisse von GERSTNER (53), der bei statistischen Auswertungen der Wechselstrom-Widerstände von 27 7-8-jährigen Kindern und von 157 Erwachsenen verschiedener Altersstufen signifikante Unterschiede im Sinne einer Zunahme der HW-Werte mit steigendem Lebensalter erhielt, ferner Resultate von BAITSCH (9, 10), wonach verschieden alte Kinder durchschnittlich höhere akrale Leitwerte aufwiesen als die gleichzeitig untersuchten Mütter.

Die höheren Galvanometerausschläge, die STOLLBERG (151) bei Kindern im Gegensatz zu Erwachsenen bemerkte und mit REGELSBERGER (124) auf eine größere Reagibilität und Vitalität des Kindes zurückführte, stehen im Einklang mit den hohen Zackenbildungen im kindlichen EDG, die in Messungen von GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61) schon bei geringfügigen Unregelmäßigkeiten während des Tages auftraten.

Als weitere spezifische Eigenheit im Kindesalter wurde von BAITSCH (8) das Fehlen von Geschlechtsunterschieden, von PEIPER (111) das Fehlen des galvanischen Hautreflexes beim Säugling erwähnt. Der galvanische Hautreflex erscheint nach PEIPER erst am Ende des 1. Lebensjahrs, während ihn JONES (81) schon im Säuglingsalter - nur schwächer und schwerer - auslösen konnte.

2. Tagesperiodische Veränderungen des el. HW beim Kind

Systematische Untersuchungen über den Tagesverlauf des el. HW im Kindesalter sind sehr selten. Nach der Methode von REGELSBERGER hat STOLLBERG (151) in etwa stündlichen Messungen von 8^h - 20^h bzw. 19^h - 7^h bei 114 Kindern im Alter von 3 - 18 Jahren, bei denen die verschiedensten Erkrankungen vorlagen, insgesamt 286 Tages- und 195 Nachtkurven, sowohl unter normalen Bedingungen als auch nach Anwendung vegetativ wirksamer Pharmaka erstellt. Wie schon erwähnt, kam er dabei zu dem Ergebnis, daß aus dem EDG-Verlauf im Einzelfall nicht auf die vegetative Tonuslage und auf die Diagnose geschlossen werden kann. Die in unserem Zusammenhang wichtige "Normal-Tageskurve", die STOLLBERG bei seinen Versuchen erhielt, zeigte einen 3-gipfligen Verlauf mit Maxima der Leitfähigkeit gegen 11^h, 15^h und 18^h. Eine feste Beziehung zu den Mahlzeiten konnte er dabei nicht beobachten. Als normales Tages-EDG bezeichnete er auch eine Kurve, die bei einer Mittellage des allgemeinen EDG-Niveaus wenigstens zwei Ausschläge über 30 mA in einem Mindestabstand von 4 1/2 Std. aufwies.

Das normale Nacht-EDG zeigte bei den Kindern, die tagsüber auch eine Normalkurve zu erkennen gaben, ein Maximum in den ersten Nachtstunden gegen 22^h, dann ein allmähliches, meistens nach Mitternacht einsetzendes Absinken bis zu einem Minimum in den frühen Morgenstunden. In einzelnen Fällen war zwischen 3^h und 4^h noch ein zweiter, mäßiger Gipfel ausgeprägt. Bei Kindern mit einem verminderten bzw. erhöhten EDG-Niveau am Tag war nachts ein gleichgerichtetes Abweichen vom Normalverlauf zu verzeichnen. Die Höhe des nächtlichen Plateaus ist jedoch nach STOLLBERG nicht allein abhängig vom Tageskurventyp, sondern auch "angenähert ein Gradmesser der Schlaftiefe" (vgl. auch S. 24).

Nach der Methode REGELSBERGER verfolgten des weiteren GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61) bei 53 "vegetativ labilen" und "vegetativ ausgeglichenen" 7 - 12-jährigen Kindern die elektrische Leitfähigkeit der Haut und ermittelten in 6-maligen Bestimmungen "wie REGELSBERGER eine 3-gipflige Kurve und Nahrungszacken".

Zur genaueren Klärung des physiologischen Verhaltens des el. HW innerhalb einer 24-Stunden-Periode im Kindesalter haben NIGGESCHMIDT (107) und

RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) in fortlaufenden 2-stündlichen Messungen über mehrere Tage hin an 15 gesunden Kindern mit der von RUTENFRANZ (138) angegebenen Methode den el. HW untersucht. Sie zogen dabei ein Alter heran, "in dem der kindliche Tagesverlauf bereits eine gewisse Normalisierung erreicht hat, gesundheitliche Schäden selten sind und in dem außerdem die hormonellen Umstellungen der Pubertät noch keine Rolle spielen" und beschränkten sich deshalb auf die Altersstufe von 10 - 11 Jahren. In 161 Tagesperioden ermittelten die Verfasser eine 2-gipflige Tageskurve des el. HW, die eine starke Ähnlichkeit mit dem von RUTENFRANZ (138) bei Erwachsenen beobachteten Tagesgang zeigten. Die charakteristischen Merkmale des tagesrhythmischen Ablaufes sind lediglich 1-2 Stunden vorverlegt: Der Morgengipfel tritt schon um 7^h, die - im Gegensatz zu den Erwachsenen nur angedeutete - Nachmittagserhebung um 16^h auf. Nahrungsgipfel im Sinne REGELSBERGERs konnten RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT nicht feststellen. Das nächtliche Minimum liegt bei den Kindern schon 1-2 Stunden vor Mitternacht, zum Morgen hin erfolgt wieder ein Anstieg des HW, also ein den Erhebungen STOLLBERGs gleichgerichteter Befund.

Die unterste Altersgrenze der bisher erfaßten Kinder liegt mit den Untersuchungen STOLLBERGs bei 3 Jahren. Die nächst tiefere Altersstufe, bei der das tagesrhythmische Verhalten des el. HW beobachtet wurde, findet sich in Studien REGELSBERGERs (124) und dessen Mitarbeiterin DIECKMANN (35) an 3 Monate alten Säuglingen. Angaben für die Zeit zwischen 3 Monaten und 3 Jahren fehlen in der Literatur.

Die 3 Monate alten Säuglinge, bei denen DIECKMANN (35) in 1 1/2 stündigen Messungen von 7^h bis 19^h insgesamt 20 Tageskurven erstellte, zeigen "die bereits völlig entwickelte Nahrungsrhythmik des Erwachsenen". DIECKMANN unterschied einen 1. Kurventyp, in dem nach ihrer Ansicht unbedingte Nahrungsreflexe im Sinne PAWLOWs vorherrschten, und sich im Kurvenbild unmittelbar anschließend an die Fütterungen als "prompte Beantwortung der Nahrungsreize" 4 bzw. 5 Ausschläge abzeichneten (7^h, 11^{30}, 14^{30}, 17^{30}). Aus der Tatsache, daß die gleichzeitig registrierten Temperatur-Kurven dem EDG parallel gingen, schloß DIECKMANN, daß "der Nahrungsreiz nicht nur die Hautinnervation in Bewegung setzt, sondern auch die an der Regelung der Körpertemperatur beteiligten Prozesse, in erster Linie der Leber".

Beim 2. Kurventyp, über den DIECKMANN berichtete, sollen überwiegend bedingte Reflexe nach PAWLOW zur Auswirkung kommen. Die gewohnte Nahrungszeit, das Hungergefühl, der Anblick der Flasche usw. sollten, z.B. um 11^{30}, genügen, um einen sehr hohen Kurvenausschlag zu erzielen, obwohl die Messung einige Minuten vor der Fütterung erfolgte. DIECKMANN und REGELSBERGER (124) erblickten in diesem Verhalten eine schon fortgeschrittene Beziehung des Säuglings zur Umwelt.

In beiden Kurventypen können etwa um 8^{h}, 14^{30} oder 17^{30} "reelle Nahrungsreize" keine oder eine verspätete Reaktion hervorrufen, was DIECKMANN damit erklärte, daß "die durch das stärkere Schlafbedürfnis weniger erregbare Hirnrinde, besonders in den Vormittagsstunden, die Nahrungsreflexe hemmt und besonders am Nachmittag und Abend eine Latenzverlängerung der elektrischen Ausschläge bewirkt". Verlängerung der Latenzzeit, Verspätungen der Nachmittagsgipfel oder Plateaubildung am Mittag, die teilweise in den Kurven zu ersehen waren, haben nach DIECKMANN auch ihren Grund in der Leberrhythmik nach FORSGREN (45), "die das EDG-Bild entscheidend mitprägt und mit den Nahrungsreflexen mannigfache Interferenzen bildet".

Unter Aussparung der Zeit zwischen dem 3. Monat und der 1. Lebenswoche untersuchten REGELSBERGER (124) bzw. DIECKMANN (35) in 21 Tageskurven den el. HW bei Neugeborenen und ihren Müttern kurz nach der Geburt und gelangten zu der Anschauung, daß das Neugeborene die Rhythmik von der Mutter her übernimmt. In der Mehrzahl der Fälle stimmten die kindlichen und mütterlichen Kurven "sowohl nach Reliefgestaltung als auch nach der Höhe der Einzelgipfel" überein, wobei vom Kind die Rhythmik der Mutter entweder direkt "kopiert" wird, oder aber beim Säugling Gipfel- und Talbildungen um 1 Stunde später auftreten, also "eine Phasenverschiebung im negativen nachschleppenden Sinn" vorliegt (REGELSBERGER).

Das Neugeborene selbst ist nach REGELSBERGER und DIECKMANN nicht imstande, Nahrungsreflexe weder in bedingter noch in unbedingter Form zu bilden. Über das Zustandekommen der mit der Mutter fast kongruenten kindlichen Elektrorhythmik der Haut entwickelten REGELSBERGER und DIECKMANN die Vorstellung, daß es sich dabei um eine direkte Übertragung der vegetativen Rhythmik von Mutter zu Kind "außerhalb des Erbganges" handelt und sie denken besonders an den Weg über die Blutgase und deren Konzentrationsänderungen. Vor allem könnte hier "der rhythmisch

mit der Erregbarkeit des mütterlichen Atemzentrums schwankende CO_2-Gehalt des Blutes maßgebend sein, wodurch ein Gleichtakt der kindlichen Zentralstellen erzwungen wird, der auch nach der Geburt erhalten bleibt" (DIECKMANN). Das Kind erhält also zunächst von der Mutter her einen "exogenen" Rhythmus aufgedrungen, den es nach der Geburt als "endogenen" Rhythmus reproduziert (REGELSBERGER). Über die Frage, wie weit diese übernommenen Reflexe in die spätere Zeit hineinreichen und wann der Umschlag zu dem eigenen, von DIECKMANN im 3. Monat gefundenen Nahrungsreflexbild der "Erwachsenenform" erfolgt, ist nach REGELSBERGER noch nichts Genaues bekannt.

Gegen die Theorie REGELSBERGERs und DIECKMANNs scheinen, zunächst in bezug auf die Erblichkeit, Befunde von BAITSCH (10) zu sprechen, der zwar eine statistisch gesicherte, positive Korrelation zwischen dem EDG- Niveau der Mütter und dem der Kinder vorfand, andererseits aber glaubte, daß die Leitfähigkeit der Haut ein echtes, z. T. dominantes "Erbmerkmal" darstellt.

Ein schwerwiegenderer Einwand gegen die Folgerungen REGELSBERGERs und DIECKMANNs stellen Ergebnisse von PRILL (115) dar, der nach der Methode REGELSBERGER an 92 Neugeborenen vom 1. - 21. Lebenstag zwischen 8^h und 20^h die Leitfähigkeit der Haut registrierte und in 65% der Kurven, im Gegensatz zu den Berichten DIECKMANNs, eine "ganztägige tiefe Niveaubildung mit Rhythmusleere" beobachtete. Ebenso konnte er bei gleichzeitigen Messungen der Mütter die Phasenverschiebung zwischen kindlichem und mütterlichen Rhythmus nur in wenigen Fällen bestätigen. Auf Grund seiner Versuche hielt er eine intrauterine Übernahme der vegetativen Funktionsrhythmik vom Kind für nicht generell gegeben.

Die Angaben in der Literatur über Beginn und Form der Tagesrhythmik des el. HW im Kindesalter bieten also kein einheitliches Bild. Untersuchungen des elektrischen Verhaltens der Haut in den verschiedenen Altersstufen sind widersprechend und sehr lückenhaft, sodaß weitgehende Unklarheiten bestehen.

Es war die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, an Hand eigener Untersuchungen an Kindern aller Altersstufen die Fragen nach Entstehung und Entwicklung tagesperiodischer Veränderungen des el. HW im Kindesalter einer Klärung näher zu bringen.

B. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. METHODIK

1. Meßanordnung

Unsere Untersuchungen des el. HW im Kindesalter wurden mit einer von RUTENFRANZ (138) angegebenen Meßapparatur durchgeführt.[1] Es handelte sich dabei um ein Gleichstrommeßverfahren nach dem Prinzip der "Stromstärkemessung". Der Meßstrom wurde dazu einer 4 V-Batterie entnommen und über eine Potentiometerschaltung auf eine konstante Spannung von 2 V eingestellt. Zur Bestimmung der Stromstärke diente ein Zeigergalvanometer (Typ Gigant-Gossen), das eine Empfindlichkeit von 1 Skalenteilstrich = 1×10^{-7} A besaß und dessen "Kurzschlußwert" 150×10^{-7} A betrug. Beim Meßvorgang selbst wurde - bei geöffnetem Kurzschlußstromschlüssel - durch Aufsetzen der Elektroden auf den Unterarm der Vp. der Stromkreis geschlossen und aus dem abgelesenen Stromstärkewert nach dem Ohm'schen Gesetz der Widerstand errechnet. Zur Erhöhung der Ablesegenauigkeit bei Stromstärkewerten unter 10×10^{-7} A (s. Kap. II, S. 13) konnte anstelle des gewöhnlich benützten Galvanometers ein Lichtzeigergalvanometer von 20-facher Empfindlichkeit eingeschaltet werden.

Die verwendeten Elektroden stellten eine ebenfalls von RUTENFRANZ (138) angegebene Modifikation der Druckkontaktelektrode nach SELBACH u. WENDE (149) dar. Sie bestand aus einem Plexiglasbügel, an dem in runden Plexiglasscheiben 2 Platinbleche als ableitende Elektrodenflächen angebracht waren, und einem Plexiglasrohr, das in den Bügel eingelassen war und die Meßkabel enthielt. Die Meßdrähte wurden gut isoliert im Plexiglasbügel den Elektrodenflächen zugeführt. Den Kontakt mit der Haut vermittelten 2 in physiologische NaCl-Lösung getränkte Viscoseschwämmchen, deren Eigenwiderstand nach RUTENFRANZ (138) in durchfeuchtetem Zustand

---

1) Herrn Prof. Dr. O. Graf, Leiter der psychologischen Abteilung am Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund, habe ich für die freundliche Überlassung der Meßgeräte zu danken.

"gleich Null" war. Die Verbindung von den Viscoseschwämmchen zu den Platinscheiben stellten kleine Silberkrönchen her, die den Schwämmchen aufgenäht und einer Chlorierung ausgesetzt waren, sodaß als Elektrodenfläche ein Pt-Ag-Cl-System Verwendung fand.

Dieses System, das vor Lichteinflüssen geschützt werden mußte, hat sich in Untersuchungen von RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) gut bewährt und wie das von RUTENFRANZ (138) früher angewandte Pt-Ag-Ag-Cl-System nach BROWN (23)durch seine Unpolarisierbarkeit ausgezeichnet.

Über das Plexiglasrohr konnte mit einer Kausche eine Spiralfeder ausgezogen und am Plexiglasrohr dann ein Kontakt geschlossen werden, wenn der Zug an der Feder einem Druck von 450 g entsprach. Der Kontaktschluß ließ ein Kontrollämpchen aufleuchten, das wieder erlosch, sobald sich der Druck durch weiteres Ziehen an der Feder erhöhte. Auf diese Weise wurde ein konstanter Anpreßdruck ermöglicht und eine störende Beeinflussung der Meßergebnisse durch ungleichen Elektrodendruck, wie sie SELBACH u. WENDE (149) feststellten, vermieden.

Zur Orientierung über nähere Einzelheiten der Meßanordnung und Elektroden, Schaltskizzen und Konstruktionszeichnungen sei auf die Veröffentlichungen von RUTENFRANZ (138) sowie RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) hingewiesen.

Bei der von RUTENFRANZ (138) angegebenen und zu Messungen an Erwachsenen verwendeten Elektrode betrugen die Durchmesser der Viscoseschwämmchen 3 cm, der Mittelpunktabstand der die Elektrodenflächen enthaltenden Plexiglasscheiben 7 cm. Diese Elektrode ("Erwachsenenelektrode") wurde auch bei unseren HW-Bestimmungen an Kindern über 4 Jahren benützt. Für die Ärmchen der Säuglinge und Kleinkinder erwiesen sich jedoch ihre Maße als zu groß. Es wurde deshalb für die Messungen bei neugeborenen Säuglingen eine Elektrode nach demselben Prinzip, aber mit einem Schwämmchendurchmesser von 1 cm und einem Mittelpunktabstand von 3 cm ("Säuglingselektrode"), sowie für die älteren Säuglinge und Kleinkinder eine solche mit Schwämmchendurchmesser von 2 cm und einem Mittelpunktsabstand von 4,5 cm ("Kleinkinderelektrode") konstruiert und zur Anwendung gebracht. [1]

1) Herrn H. Franz, Werkmeister am Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund bin ich für die Anfertigung der Spezialelektroden zu großem Dank verpflichtet.

2. Versuchsanordnung

Vor jeder Messung wurde die in einem lichtgeschützten Glasbehälter aufbewahrte Elektrode auf Polarisationserscheinungen kontrolliert, und, falls nötig, durch Poländerung am Stromwender Elektrodengleichheit hergestellt, wobei die Viscoseschwämmchen in physiologische NaCl-Lösung eintauchten. Danach galt es, die überschüssige Flüssigkeit aus den vollgetränkten Schwämmchen so auszudrücken, daß einerseits eine ausreichende und immer gleichmäßige Durchfeuchtung der Schwämmchen gewährleistet, andererseits ein Ausfließen der NaCl-Lösung auf der Haut über die Meßstellen hinaus vermieden wurde, was wir nach einiger Übung durch Ausdrücken der Elektroden an einer Glasscheibe mit jeweils gleichem, genau markierten Zug an der Spiralfeder erreichten.

Die physiologische NaCl-Lösung bezogen wir, steril in 2 l-Flaschen abgefüllt, aus der Apotheke der klinischen Universitätsanstalten. Die Flaschen wurden bei Zimmertemperatur im Untersuchungsraum abgestellt. Für jede Messung wurde in eine Glasschale eine frische NaCl-Lösung eingegossen, die Glasschale nach jeder Messung mit Wasser gespült und von Zeit zu Zeit die Elektrodenschwämmchen ausgewaschen, um Veränderungen der Elektrolytkonzentration und deren Einwirkung auf die Untersuchungsergebnisse (GILDEMEISTER (56), MINOR (104), REIN (130), KELLER (86)) zu verhindern.

Zur Messung wurde zunächst die Kausche durch Zug an der Spiralfeder bis zum Aufleuchten des Kontrollämpchens "vorgespannt" und mit den Fingern am Plexiglasrohr fixiert, dann die Elektrode bei geöffnetem Kurzschlußstromschlüssel auf der Haut der Vp. aufgesetzt und sofort die fixierenden Finger vom Rohr gelöst, sodaß die Elektrode nur mit Daumen und Zeigefinger an der gespannten Kausche gehalten und mit einem Druck von 450 g angepreßt wurde.

Die Ablesung des Stromstärkewertes erfolgte nach 3 Sekunden, einer nach SCHAEFER (144) optimalen Meßzeit, die sich auch bei unseren Untersuchungen als günstig erwies. Die Zeitmarkierung ergab sich durch Zählen von 21 bis 23 im Sekundenrhythmus. Während ausgedehnter Voruntersuchungen konnte anhand mehrerer Kontrollen mit der Stoppuhr diese immer konstant durchgeführte Zeitgebung als brauchbar und zuverlässig angesehen werden.

Als Meßstelle wählten wir, wie REIN (129), REGELSBERGER (124), RUTENFRANZ (138) u. a., die Volarseite beider Unterarme. Zunächst wurde auf der rechten Seite der Stromstärkewert am gewöhnlichen Zeigergalvanometer (Galvanometer I) bestimmt. Lag dieser über $10 \cdot 10^{-7}$ A, so erfolgte die endgültige Messung am linken Unterarm ebenfalls auf Galvanometer I, bei Werten unter $10 \cdot 10^{-7}$ A wurde das Lichtzeigergalvanometer (Galvanometer II) in den Stromkreis gebracht. RUTENFRANZ (138) fand für das Verhältnis der Meßwertgruppen an den korrespondierenden Hautstellen des rechten und linken Unterarmes einen Korrelationskoeffizienten von + 0,94 und damit die theoretische Berechtigung für dieses Vorgehen.

Bei den Messungen von RUTENFRANZ (138) sowie RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE und NIGGESCHMIDT (141) kam die distale Elektrodenfläche an den Unterarmen etwa 5 - 7 cm oberhalb des Os pisiforme zu liegen. In unseren Messungen stimmten für die größeren Kinder die Meßstellen mit den Angaben von RUTENFRANZ (138) überein. Bei den Neugeborenen, Säulingen und teilweise auch den Kleinkindern mußte trotz Verwendung entsprechend kleinerer Elektroden oft die ganze Volarseite des Unterarmes als Meßstelle benutzt werden. Immer aber lagen die beiden Elektrodenflächen zwischen Handwurzel und Ellenbeuge, entsprachen also weitgehend den Meßstellen der größeren Kinder und der Erwachsenen.

Es wurde peinlich vermieden, die Haut vor der Messung zu reiben oder sonstwie mechanisch zu beanspruchen, um keine lokale galvanische Reaktion (EBBECKE (39)) hervorzurufen (vgl. auch REIN (130), SCHAEFER (144)). Zur Vermeidung einer NaCl-Anreicherung auf der Haut wurde nach der Messung die Elektrolytflüssigkeit sorgfältig abgetupft.

Konnte aus technischen Gründen eine Messung nicht sicher bestimmt oder z. B. durch starke Unruhe des Kindes der Stromstärkewert nicht genau abgelesen werden, so wurde er nicht verwertet. Ebenso fiel eine Messung aus, bei der durch Unachtsamkeit oder plötzliche Bewegung des Kindes die Elektrodenflüssigkeit über die Meßstellen hinaus auslief, oder die Elektroden vor Ablauf der 3 Sekunden von der Haut abkamen. Eine Wiederholung der Messung wurde nicht vorgenommen, da das Gewebe, wie schon beschrieben, bei Stromdurchfluß physiologischerweise verändert wird.

In zahlreichen Voruntersuchungen in der Universitäts-Kinder-Poliklinik, die nicht zur Auswertung gelangten, war ich bemüht, die Methode sicher ein-

zuüben und gründlich zu beherrschen. An die Meßapparatur, die in einer massiven Holzkiste untergebracht war, wurden Rollen angeschraubt. Das Gerät konnte nun von Bett zu Bett gefahren werden, sodaß es möglich war, mehrere Kinder gleichzeitig zu einer Meßserie heranzuziehen und sie dabei doch an ihrem gewohnten Platz im Zimmer, auch bei Nacht, zu belassen.

3. Untersuchungsgut und Untersuchungsbedingungen

Unsere Untersuchungen des el. HW erstreckten sich auf Kinder aller Altersstufen. Um die Entwicklung einer Tagesperiodik des el. HW genau verfolgen zu können, war eine geeignete Unterteilung des Beobachtungsgutes in verschiedene Altersgruppen notwendig. Da in entwicklungsphysiologischen Studien verschiedener Körperfunktionen von LANGE (96) sowie HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ (69) das Auftreten einer Tagesperiodik schon im 2. Monat festgestellt, für den el. HW von REGELSBERGER (124) und DIECKMANN (35) das Vorliegen einer Tagesrhythmik bereits in der 1. Lebenswoche beschrieben wurde, erschien eine differenzierte Aufgliederung besonders der ersten Lebensabschnitte angezeigt. Die Zeit vom 4. - 14. Lebensjahr glaubten wir dafür mit nur 2 Gruppen hinreichend zu erfassen, zumal nach den Messungen von NIGGESCHMIDT (107) sowie RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) bei 11-jährigen Kindern schon ein deutlicher, mit Verhältnissen bei Erwachsenen vergleichbarer Tagesgang des el. HW anzutreffen war.

Wir folgten bei der Gruppierung der jüngeren Jahrgänge im wesentlichen der Einteilung von HELLBRÜGGE, LANGE und RUTENFRANZ (69), die auch der Arbeit über den kindlichen Schlaf von denselben Autoren (70) zugrunde lag und für unsere Ergebnisse deshalb eine gute Vergleichsmöglichkeit bot.

Die Altersspanne vom 1. Lebenstag bis zu 14 Jahren machte die Durchführung der Untersuchungen an verschiedenen Häusern notwendig. Die Neugeborenen und Frühgeborenen der 1. Lebenswoche beobachteten wir in der I. Universitätsfrauenklinik München, die älteren Frühgeborenen, die Säuglinge und Kleinkinder bis zu 2 Jahren im Säuglingsheim der Blauen Schwestern in München und die Klein- und Schulkinder vom 4.-14. Lebensjahr in der Orthopädischen Klinik München-Harlaching.[1)]

1) Dem Direktor der I. Universitäts-Frauenklinik, Herrn Prof. Dr. W. Bickenbach, dem Direktor der Orthopädischen Klinik, Herrn Prof. Dr. M. Lange und dem ärztlichen Leiter des Säuglingsheims der Blauen Schwestern,

Es handelte sich durchweg um gesunde, fieberfreie, sich normal entwikkelnde Kinder. In der I. Universitäts-Frauenklinik wurden reife, ausgetragene Neugeborene nach normalem Geburtsverlauf herangezogen. Die Frühgeborenen der 1. Lebenswoche wiesen ein Geburtsgewicht unter 2 500 g und Zeichen der Unreife, jedoch keine Lebensschwäche auf, sodaß sie nicht in Couveusen aufgezogen werden mußten. Aus der großen Zahl von Kindern, die im Säuglingsheim der Blauen Schwestern betreut werden, wählten wir gut gedeihende, gesunde Säuglinge und Kleinkinder aus. Den Hauptteil unseres Beobachtungsgutes verdanken wir diesem Hause.

Für die Untersuchung des el. HW im Spiel- und Schulalter erwiesen sich uns die Bedingungen in der Orthopädischen Klinik besonders günstig. Es konnten dort organisch gesunde Kinder ausgesucht werden, die zur Behandlung einer Hüftluxation, eines Klumpfußes, zur Korrektur poliomyelitischer Lähmungserscheinungen der unteren Extremität u. a. in Gipsverbänden lagen oder sich zumindest den ganzen Tag ruhig im Bett verhalten mußten.

Auf diese Weise waren die Umwelteinflüsse konstant, die Kinder immer unter denselben klimatischen Verhältnissen anzutreffen und vermehrte körperliche Betätigung durch Spielen, Springen usw. ausgeschlossen.

Unter diesen Bedingungen erhielten wir in fortlaufenden Messungen zusammen 431 Tagesperioden von insgesamt 83 Kindern. Die Zahl der Einzelbestimmungen betrug rund 10 500.

Tabelle I vermittelt einen Überblick über das ganze Untersuchungsgut, verteilt auf die einzelnen Altersgruppen.
In Tabelle II sind alle beobachteten Kinder namentlich mit laufender Nummer und näheren Angaben, wie Alter bei Beginn der Messung, Ort der Messung, Zahl der erstellten Tagesperioden aufgeführt.

Fortsetz. v. Anm. 1), S. 46:
Herrn Dr. Schmidt-Burgk, danken wir für ihr Entgegenkommen und ihre Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit. Besonders danken möchten wir auch der Frau Oberin vom Säuglingsheim der Blauen Schwestern, sowie den Schwestern der 3 Häuser für ihre freundliche Hilfe.

TABELLE I

Zahl der untersuchten Kinder und Tagesverläufe
aufgeteilt nach Altersgruppen

Gruppe	Alter	Zahl der untersuchten Kinder	Zahl der Tages-verläufe	Ort der Unter-suchung	Zahl der Mahlzeiten	Zeitpunkt der Mahlzeiten
I	1. Lebenswoche	13	65	Frauenklinik	5	$5^{30}, 9^{00}, 12^{30}, 16^{30}, 19^{30}$
II	2.-4. Woche	4	19	Säuglingsheim	6	$6^{00}, 10^{00}, 14^{00}, 16^{30}, 21^{30}, 2^{30}$
III	5.-18. Woche	16	87	Säuglingsheim	6	$6^{00}, 10^{00}, 13^{30}, 16^{30}, 21^{30}, 2^{30}$
IV	5 - 9 1/2 Monate	10	50	Säuglingsheim	5	$6^{00}, 10^{00}, 13^{30}, 16^{30}, 21^{30}$
V	10-12 Monate	9	47	Säuglingsheim	4	$6^{30}, 10^{00}, 14^{00}, 16^{30}$
VI	13-23 Monate	9	56	Säuglingsheim	4	$6^{30}, 10^{00}, 14^{00}, 16^{30}$
VII	4 - 6 Jahre	8	38	Orthopäd. Klinik	3	$7^{00}, 11^{00}, 17^{00}$
VIII	8 - 14 1/2 Jahre	10	44	Orthopäd. Klinik	3	$7^{00}, 11^{00}, 17^{00}$
IX	Frühgeb. 1. Woche	2	13	Frauenklinik	6	$5^{30}, 9^{00}, 12^{30}, 16^{30}, 19^{30}, 2^{00}$
X	Frühgeb. 15.-24. Wo.	2	12	Säuglingsheim	5(6)	$5^{30}, 10^{00}, 13^{30}, 17^{30}, 21^{30}, (2^{00})$
	zusammen:	83 K.	431 T. V.			

TABELLE II

Beobachtungsgut

Altersgruppe	Lfd. Nr. des Kindes	Name d. Kindes	Alter bei Beginn d. Meßserie	Ort (x) der Beobachtung	Gewicht in kg	Diagnose	Zahl der Tagesverläufe
I	1	Moser ♀	6 Std.	F	3,0	-	6
1. Lebenswoche	2	Stemmer ♂	8 Std.	F	3,5	-	4
	3	Scherer ♀	11 Std.	F	3,5	-	4
	4	Blühm ♀	14 Std.	F	3,1	-	4
	5	Rotter ♀	1 Tag	F	3,1	-	6
	6	Reitberger ♀	1 Tag	F	3,4	-	7
	7	Abenthum ♀	1 Tag	F	3,9	-	7
	8	Springer ♀	2 Tage	F	3,3	-	4
	9	Kugler ♀	2 Tage	F	3,1	-	5
	10	Schulz ♀	3 Tage	F	2,9	-	5
	11	Borkholder ♀	3 Tage	F	3,3	-	5
	12	Wörle ♂	4 Tage	F	2,7	-	5
	13	Schratt ♂	4 Tage	F	2,8	-	4
II	14	K. Friederike	12 Tage	S	3,4	-	4
2. -4. Woche	15	E. Gloria	3 Wo	S	3,1	-	5
	16	B. Helmut	3 Wo	S	3,8	-	5
	17	E. Carola	3 Wo	S	3,2	-	5
III	18	K. Klaus	5 Wo	S	3,4	-	5
5. -18. Woche	19	B. Robert	5 1/2 Wo	S	3,2	-	6
	20	K. Anneliese	6 Wo	S	3,2	-	6
	21	S. Brigitte	6 Wo	S	4,1	-	6
	22	S. Jürgen	8 Wo	S	5,6	-	5
	23	M. Rudolf	8 Wo	S	4,3	-	5
	24	G. Alfred	11 Wo	S	4,9	-	6
	25	B. Christine	11 Wo	S	4,2	-	6
	26	S. Isabella	12 Wo	S	4,5	-	6
	27	U. Erika	13 Wo	S	4,8	-	4
	28	B. Gerhard	14 Wo	S	5,4	-	5
	29	H. Ursula	15 Wo	S	5,2	-	6
	30	D. Sepperl	16 Wo	S	5,3	-	5
	31	W. Waltraud	16 Wo	S	5,4	-	5
	32	F. Cornelia	18 Wo	S	5,4	-	5
	33	S. Bernhard	18 Wo	S	6,2	-	6
IV	34	G. Peter	5 Mon.	S	6,4	-	5
5 - 9 1/2 Monate	35	M. Wolfgang	5 Mon.	S	7,2	-	5
	36	K. Susi	5 Mon.	S	6,1	-	5
	37	W. Angelika	5 Mon.	S	6,5	-	5
	38	K. Gabriele	5 1/2 Mon.	S	6,7	-	5
	39	S. Alanco	6 Mon.	S	7,3	-	5
	40	W. Petra	7 Mon.	S	7,3	-	5
	41	M. Udo	8 Mon.	S	8,7	-	5
	42	P. Manuela	8 1/2 Mon.	S	9,1	-	5
	43	S. Heinz-Georg	9 1/2 Mon.	S	7,1	-	5
V	44	S. Robert	10 Mon.	S	8,8	-	5
10 - 12 Monate	45	R. Christa	10 Mon.	S	9,0	-	5
	46	S. Lore	10 Mon.	S	7,7	-	5
	47	S. Hannelore	11 Mon.	S	9,0	Zwillinge	5
	48	S. Angelika	11 Mon.	S	8,6		5
	49	K. Marion	12 Mon.	S	8,6	-	5
	50	H. Angelika	12 Mon.	S	7,7	-	5
	51	S. Valentin	12 Mon.	S	8,1	-	8
	52	W. Jutta	12 Mon.	S	8,2	-	4
VI	53	H. Roswitha	13 Mon.	S	8,3	-	5
13 - 23 Monate	54	B. Herbert	14 Mon.	S	10,7	-	8
	55	F. Tanja	14 1/2 Mon.	S	9,9	Zwillinge	5
	56	F. Walter	14 1/2 Mon.	S	11,4		5
	57	R. Gabriele	15 Mon.	S	9,3	-	8
	58	S. Helmut	17 Mon.	S	11,8	-	8
	59	K. Karl-Heinz	17 Mon.	S	12,5	-	5
	60	C. Manfred	22 Mon.	S	11,6	-	5
	61	W. Brigitte	23 Mon.	S	11,2	-	7
VII	62	P. Klaus	4 J.	O	-	Luxatio coxae cong. bds.	5
4 - 6 Jahre	63	S. Konrad	4 J.	O	-	" " " bds.	5
	64	S. Monika	5 J.	O	-	Coxa valga bds.	3
	65	B. Marianne	5 J.	O	-	Luxatio coxae cong. re	5
	66	D. Ilse	5 1/2 J.	O	-	" " " bds.	5
	67	G. Rita	5 1/2 J.	O	-	" " " re	5
	68	R. Ruth	6 J.	O	-	" " " bds.	5
	69	K. Renate	6 J.	O	-	" " " "	5
VIII	70	F. Anton	8 J.	O	-	Coxitis-Tbc	4
8 - 14 1/2 Jahre	71	D. Jutta	8 J.	O	-	Luxatio coxae cong. bds.	5
	72	H. Ilonka	8 1/2 J.	O	-	spast. Hüftlux. bds.	5
	73	S. Herbert	8 1/2 J.	O	-	Spina bifida III/Klumpfuß	4
	74	P. Renate	9 J.	O	-	Luxatio coxae cong. bds.	5
	75	S. Rainer	10 J.	O	-	poliomyelit. Klumpfuß	5
	76	B. Ludwig	13 J.	O	-	spast. Lähmung d. unt. Extr. nach Keuchhustenencephalitis	4
	77	L. Manfred	13 1/2 J.	O	-	Ballenhohlfuß re	4
	78	D. Elfriede	13 1/2 J.	O	-	Skoliose	5
	79	D. Manfred	14 1/2 J.	O	-	Ballenhohlfuß bds.	3
IX							
Frühgeborene 1. Lebenswoche	80	Kübler ♂	3 Std.	F	2,5	-	7
	81	Engel ♀	16 Std.	F	2,2	-	6
X							
Frühgeborene 15. - 24. Woche	82	S. Angelika	15 Wo	S	4,6	-	6
	83	K. Maybritt	24 Wo	S	5,4	-	6

(x) F = Frauenklinik, S = Säuglingsheim, O = Orthopädische Klinik

Da statistisch zuverlässige Ergebnisse nur auf Grund eines größeren Kollektives zu erzielen sind, das die inter- und intraindividuellen Schwankungen in biologischen Funktionsabläufen auszugleichen vermag, waren wir bestrebt, unsere Befunde mit einem hinreichenden Zahlenmaterial zu belegen und für jede Altersgruppe Mittelwerte aus wenigstens 40 - 50 Tagesperioden zu gewinnen. Nur bei den Gruppen der Frühgeborenen und Gruppe II standen uns nicht genügend geeignete Kinder zur Verfügung. Bewußt legten wir das Hauptgewicht der Untersuchungen auf die ersten Lebenswochen (vgl. Gruppe I und III), da in dieser Zeit, wie aus der Literatur hervorging, Besonderheiten in der tagesperiodischen Entwicklung zu erwarten waren.

Um auf jeden Fall äußerlich erkennbare, störende organische Einflüsse auf den el. HW zu vermeiden, wurden Kinder, die während der Meßtage Fieber bekamen, sich nicht wohlfühlten oder ein abnormes Verhalten zeigten, von der Untersuchung abgesetzt und auch die schon erstellten Tagesverläufe nachträglich ausgeschieden. Bei den 431 Tagesperioden, die tatsächlich zur Auswertung gelangten, durften wir deshalb annehmen, von weitgehend physiologischen Verhältnissen auszugehen.

Die Untersuchungen wurden im Säuglingsheim der Blauen Schwestern vom 18.3. - 12.4.1957 und vom 23. - 28.10.1957, in der Orthopädischen Klinik vom 9. - 20.9.1957 und in der Frauenklinik vom 7. - 13.10.1957 durchgeführt. Die Beobachtung während der Frühjahrs- und Herbstmonate unter Vermeidung der heißen Sommerzeit bot den Vorteil von ausgeglichenen, sich entsprechenden jahreszeitlichen und klimatischen Bedingungen.

Die Messungen erfolgten zweistündlich zu jeder ungeraden Stunde fortlaufend über mehrere Tage hin. Eine Tagesperiode setzte sich also aus 12 Einzelbestimmungen zusammen. Eine Meßserie dauerte im Durchschnitt 5 Tage und Nächte, mehrere Kinder wurden bis zu 8 Tagen hintereinander untersucht (vgl. Tab. II und III). Bei einer Meßserie gelangten jeweils bis zu 10 Kinder gleichzeitig zur Beobachtung. Das Meßgerät wurde dabei von Bett zu Bett gefahren, immer in derselben Reihenfolge, sodaß der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Messungen bei jedem Kind der gleiche war. Ein Meßdurchgang dauerte etwa 20 - 30 Minuten.

Das Verhalten der Kinder gegenüber der Messung bot im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Nur manche Kleinkinder fürchteten sich am Anfang vor Apparatur und Meßkabel und ließen sich erst auf gutes Zureden hin die

Elektroden anlegen. Auch ältere Kinder waren zunächst ängstlich, als sie aber von der Harmlosigkeit des Vorgangs überzeugt waren, betrachteten sie die Messung als willkommene Abwechslung. Vor allem ältere Buben verfolgten mit Interesse jeden Handgriff und machten sich gerne nützlich. Eine Beeinträchtigung der täglichen Lebensweise durch die Messung bestand nicht. Anfangswerte, bei denen sich das Kind nur widerwillig messen ließ, wurden nicht verwertet, sodaß eine psychische Beeinflussung der Ergebnisse ausgeschlossen werden konnte.

Etwas schwieriger vollzog sich zuweilen die Messung bei Nacht bzw. im Schlaf. Der Meßvorgang selbst störte zwar den Schlaf kaum, um aber die Elektrode an den Unterarm anlegen zu können, mußte das Kind oft umgedreht, der Arm unter Kissen oder Körper hervorgeholt und der Hemdärmel hochgestreift werden. Dabei kam es vor, daß sich das Kind wehrte und den Arm zurückzog, ohne richtig wach zu werden. Zweifelhafte Werte, die aus diesen Umständen resultierten, wurden ausgeschieden. Häufig konnte es trotz größter Vorsicht und Ruhe nicht vermieden werden, daß die Kinder durch die Manipulationen bei der Messung wach wurden. Dies war besonders in den späten Nacht- und frühen Morgenstunden der Fall. Zum größten Teil schliefen die Kinder aber unmittelbar danach wieder ein. Lediglich Säuglinge schrieen, einmal wach geworden, ziemlich lange weiter, vor allem dann, wenn eine Fütterungszeit bevorstand. In einigen Fällen mußte bei schreienden und strampelnden Säuglingen, die sich nicht beruhigen ließen, eine Messung ausgelassen werden.

Tagesablauf und Fütterungszeiten waren für die Neugeborenen und Säuglinge in der Frauenklinik und im Säuglingsheim ziemlich einheitlich geregelt. In beiden Häusern wurden tagsüber 5 Mahlzeiten gereicht: um 6^{00}, 9^{00} bzw. 10^{00}, 12^{30} bzw. 13^{30}, 16^{30}, 19^{30} bzw. 21^{00} Uhr. Im Säuglingsheim bekamen die jüngeren Säuglinge noch zusätzlich nachts 2^{30} Uhr eine 6. Mahlzeit. Etwa ab dem 10. Monat erhielten die Kinder nur 4 Mahlzeiten, die Fütterung um 21 Uhr unterblieb. Die Pflegemaßnahmen wurden in beiden Häusern annähernd gleich gehandhabt. Nach den Fütterungen wurden die Kinder gewickelt, nach der Morgenfütterung gebadet. Im Säuglingsheim war Mittagsruhe von 11 - 13^{30} Uhr, Nachtruhe etwa von 18 - 6 Uhr. Nach nächtlichen Pflegevorrichtungen schliefen die Kinder sofort wieder ein. Für die Kinder der Gruppe V und VI (10 - 23 Monate) sei noch besonders erwähnt, daß sie nach dem Mittagsschlaf außerhalb der Bettchen im Zimmer spielen durften.

In der Orthopädischen Klinik lief der Tag etwa folgendermaßen ab: Zwischen 6^h und 7^h wurden die Kinder geweckt und im Bett gewaschen. Um 7^h Frühstück, 9^h kleines Vesperbrot, 11^h Mittagessen, danach Mittagsruhe bis 14^h. Um 17^h gab es das Abendessen, um 19^h wurde im Saal das Licht gelöscht. Nur die älteren Schulkinder durften bis etwa 20^h noch lesen.

In Tabelle I sind bei den jeweiligen Altersgruppen auch die Fütterungszeiten aufgeführt. Fielen die Mahlzeiten mit den Meßzeiten zusammen, so wurde nach Möglichkeit vor dem Essen die Messung vorgenommen.

Bei den Kindern in der Orthopädischen Klinik haben wir an einzelnen Tagen mittags um 12^h, also etwa 1/2 Stunde nach dem Mittagessen, eine Zwischenmessung eingeschaltet, um eventuelle mahlzeitbedingte Widerstandsveränderungen, wie sie REGELSBERGER (123, 124) beschrieb, nicht zu übersehen.

Während der Meßtage wurden außergewöhnliche Belastungen von den Kindern ferngehalten, in der Orthopädischen Klinik nach Möglichkeit gymnastische Übungen, Gipswechsel, anstrengende Anproben usw. verschoben. Medikamente wurden peinlich vermieden.

Zum Studium der Beeinflussung des el. HW von äußeren Faktoren wurde bei jeder Messung die Zimmertemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit notiert. Die Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit geschah mit einem Haarhygrometer (Fa. Lufft, Stuttgart), zur Temperaturmessung dienten 3-4 gleiche Zimmerthermometer mit großer Celsius-Grad-Einteilung, die an verschiedenen Punkten des Raumes angebracht wurden und aus deren Werten sich die mittlere Raumtemperatur errechnen ließ.

Ferner wurde bei jeder Messung aufgeschrieben, ob das Kind wach war oder schlief, schrie oder spielte oder sich ruhig verhielt. Die Registrierung des Schlaf- bzw. Wachzustandes erfolgte jeweils vor der Widerstandsbestimmung gleich nach Betreten des Kinderzimmers. Das war besonders bei den nächtlichen Untersuchungen wichtig, denn häufig wurde ein Kind, das zu der betreffenden Stunde einwandfrei geschlafen hatte, erst durch das Schreien eines bei der Messung wach gewordenen Bettnachbarn aufgeweckt. Die genaue Beurteilung des Schlafzustandes war oft nicht einfach, besonders bei jüngeren Säuglingen, die zwar mit geschlossenen Augen, aber unruhig im

Bettchen lagen. In diesen Fällen konnte bei näherer Beschäftigung mit dem Kind während der Messung und aus seiner Reaktion darauf besser entschieden werden, ob es nun wirklich schlief oder wach war.

Um auch Aussagen über die Schlaftiefe machen zu können, notierten wir das Verhalten des Kindes nach der Messung, also nach einer jeweils gleichen Reizeinwirkung.

Sämtliche Messungen und Untersuchungen wurden von mir selbst durchgeführt, um die subjektiven Fehlermöglichkeiten weitgehend konstant zu halten.

4. Angewandte statistische Methoden [1)]

Zur statistischen Prüfung der Ergebnisse benützten wir das χ^2-Verfahren nach PEARSON, das in Form der 1 x 2-bzw. 2 x 2-Feldertafel angewandt wurde. Im ersteren Fall setzten wir voraus, daß 2 benachbarte Werte erwartungsgemäß mit der gleichen Häufigkeit auftreten würden (Nullhypothese) und ermittelten die Differenz zwischen den Erwartungswerten und der tatsächlich beobachteten Verteilung (χ^2-Wert). Im zweiten Fall legten wir als Erwartungswert zugrunde, daß das Werteverhältnis in 2 verschiedenen Zeitabschnitten oder Altersgruppen der gleichen Grundgesetzlichkeit folgt (Hypothese von der Homogenität des Kollektivs).

Die Berechnung der χ^2-Werte erfolgte jeweils nach der Formel

$$\chi^2 = \sum \frac{(B - E)^2}{E}$$

wobei B = die beobachtete Häufigkeit und E = den theoretischen Erwartungswert darstellt.

---

1) Formeln und Schemata für die statistischen Berechnungen entnahmen wir aus GEBELEIN u. HEITE, "Statistische Urteilsbildung" (49) und HENRYSSON, HASELOFF u. HOFFMANN, "Kleines Lehrbuch der Statistik" (71).

Nach den χ^2-Werten wurde die prozentuale Wahrscheinlichkeit p bestimmt, nach welcher die Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung noch als zufallsbedingt erwartet werden konnte.

Bei einem Freiheitsgrad von n = 1, der in unserem Fall vorliegt, entsprachen folgende χ^2-Werte den üblicherweise benützten Stufen der prozentualen Wahrscheinlichkeit:

$\chi^2 > 10,827$, $p < 0,1\%$ = "sehr signifikanter" Unterschied
$\chi^2 > 6,635$, $p < 1,0\%$ = "signifikanter" Unterschied
$\chi^2 > 3,841$, $p < 5,0\%$ = "wahrscheinlich signifikanter" U.
$\chi^2 < 3,841$, $p > 5,0\%$ = "nicht signifikanter" Unterschied

zwischen der theoretisch erwarteten und empirisch festgestellten Häufigkeitsverteilung.

Die statistische Beurteilung der Beziehung zwischen HW und Äquivalenttemperatur erfolgte nach dem Rechnungsschema für "Korrelationsberechnungen bei einer zweiparametrigen Häufigkeitsverteilung" (GEBELEIN u. HEITE(49)), wobei nach Aufzeichnung einer "Punktwolke" in einer Korrelationstabelle der Korrelationskoeffizient r ermittelt wurde.

II. ERGEBNISSE

1. Der mittlere Tageshautwiderstand und seine Schwankungen

Die Befunde, die wir mit der angegebenen Methode und unter den beschriebenen Untersuchungsbedingungen bei den einzelnen Kindern ermittelten, sind in Tabelle III zusammenfassend dargestellt. Es handelt sich dabei um die absoluten Widerstandswerte in Kilo-Ohm, die wir aus den abgelesenen Stromstärkewerten nach dem Ohm'schen Gesetz errechneten.

Die laufenden Nummern der einzelnen Kinder sind innerhalb der entsprechenden Altersgruppe untereinander aufgeführt, und in der Waagerechten die arithmetischen Mittelwerte des Tages-HW an den fortlaufenden Untersuchungstagen eingetragen. Jeder dieser Werte setzt sich aus 12 Einzelbestimmungen (zu jeder ungeraden Stunde) zusammen[1]. Die senkrechte Spalte rechts außen enthält die arithmetischen Mittel aller Untersuchungstage für das einzelne Kind, die waagerechten Spalten am Schluß jeder Gruppe die Mittelwerte aller Kinder dieser Altersstufe an den einzelnen Tagen sowie den Gesamtdurchschnitt der absoluten HW-Größe für jede Altersgruppe.

Der auffälligste Befund, der aus Tab. III hervorgeht, ist die große Unterschiedlichkeit der einzelnen Zahlenangaben. Etwa gleichmäßig über die ganze Tabelle verteilt schwanken die absoluten Größen der Widerstände von 24,7 (Kind Nr. 27) bis 5023,6 (Kind Nr. 68). Wenn es sich bei diesen Zahlen auch um Extremwerte handelt, so zeigt ein Blick auf die Tabelle, daß hohe Widerstände über 1000 K.-Ohm und niedere Werte unter 100 K.-Ohm gar nicht selten sind und in fast allen Altersgruppen vorkommen.

a) Inter- und intraindividuelle Schwankungen

Am deutlichsten treten die unterschiedlichen Widerstandswerte als interindividuelle Schwankungen von Kind zu Kind in Erscheinung. Als Beispiel seien angeführt die Kinder mit lfd. Nr. 1 und 2, die in ihren Werten etwa um das Zehnfache differieren, oder Kind Nr. 23, dessen Werte weit über 1000 liegen gegenüber denen des gleichaltrigen Kindes Nr. 24 mit Widerständen unter 100. Ähnliche extreme Beispiele lassen sich in allen Altersstufen beobachten.

Neben diesen ausgeprägten interindividuellen Schwankungen bestehen auch erhebliche intraindividuelle Unterschiede bei dem gleichen Kind an den einzelnen Untersuchungstagen. Auch hier weichen die Werte

---

1) Auf die Wiedergabe der Tabellen mit den absoluten Stundenwerten von jedem der 83 Kinder (über 5000 Einzelangaben) mußten wir aus Raumgründen verzichten. Die ermittelten Veränderungen der absoluten HW-Größe können unseres Erachtens jedoch besser aus den zusammenfassenden Tagesmittelwerten abgelesen werden.

TABELLE III

Mittlerer Tageshautwiderstand der einzelnen Kinder und Altersgruppen an den verschiedenen Untersuchungstagen (arithmetisches Mittel aus den absoluten Widerstandswerten)

Altersgruppe	Lfd. Nr. des Kindes	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8. Untersuchungstag	Gesamtdurchschnitt
I	1	366,5	274,7	178,3	133,5	177,1	214,4			224,1
1. Lebenswoche	2	3665,8	2644,7	1953,5	2504,4					2692,1
	3	380,3	139,4	169,6	234,7					231,0
	4	594,5	1090,6	852,4	1342,1					971,9
	5	641,0	280,8	314,8	253,3	277,2	346,1			352,2
	6	162,6	79,8	87,0	75,8	93,8	130,5	131,8		108,8
	7	47,6	32,9	44,5	96,0	85,1	95,9	144,7		78,1
	8	1741,9	284,7	170,5	157,8					588,7
	9	1246,7	501,5	489,5	385,4	420,6				608,7
	10	136,2	102,4	144,5	174,8	182,6				148,1
	11	674,1	343,6	423,7	318,8	258,5				403,7
	12	321,2	248,2	294,9	342,9	270,1				295,5
	13	54,6	72,2	95,0	146,7					92,1
Mittelwerte der Gruppe I		771,7	468,8	401,4	474,3	220,6	196,7	138,2		522,7
II	14	4434,0	1607,2	1125,9	1207,2					2093,6
2.-4. Woche	15	1192,0	740,0	438,9	391,4	279,0				608,3
	16	1119,9	465,5	270,9	107,9	823,1				557,5
	17	931,0	853,0	386,6	229,3	145,0				509,0
Mittelwerte der Gruppe II		1919,2	916,4	555,6	483,9	415,7				928,6
III	18	451,3	487,3	591,8	393,0	289,1				442,5
5.-18. Woche	19	78,4	120,5	82,2	147,3	124,4	156,7			118,2
	20	177,2	163,9	155,3	153,8	166,7	200,4			169,6
	21	73,0	98,5	204,9	207,8	175,9	188,6			158,1
	22	362,6	122,2	115,3	137,5	98,9				167,3
	23	1661,3	1096,4	1572,9	1069,4	599,8				1199,9
	24	68,4	92,7	108,1	97,9	118,7	117,6			100,6
	25	367,5	355,7	594,2	913,8	1284,1	832,3			724,6
	26	67,3	536,0	79,3	124,8	191,5	244,7			207,3
	27	24,7	38,2	50,8	26,6					35,1
	28	363,4	600,9	406,8	245,1	194,7				362,2
	29	166,7	212,6	209,3	211,5	147,4	105,4			175,4
	30	67,8	231,4	181,3	186,6	315,6				196,5
	31	1333,9	1950,6	1109,9	4209,6	1125,2				1945,8
	32	200,3	94,6	125,0	57,6	93,7				114,2
	33	271,9	1343,6	1471,8	515,6	887,9	736,0			871,1
Mittelwerte der Gruppe III		358,5	471,7	441,2	543,6	387,6	322,7			436,8
IV	34	1607,9	981,3	871,8	519,2	385,1				873,1
5 - 9 1/2 Monate	35	540,9	546,3	326,1	223,9	159,1				359,3
	36	1457,2	2883,5	1223,5	1193,9	914,7				1534,6
	37	2277,0	2664,1	1238,0	3851,6	1548,8				2315,9
	38	137,9	157,8	190,5	115,6	43,7				129,1
	39	32,7	117,1	220,1	75,8	141,9				117,5
	40	1185,2	957,1	872,9	657,0	693,9				873,2
	41	1944,5	1406,1	998,9	938,7	793,1				1216,2
	42	703,9	782,4	517,4	315,2	552,2				574,2
	43	353,3	191,2	192,1	160,5	124,0				204,2
Mittelwerte der Gruppe IV		1024,0	1068,7	665,1	805,1	535,6				819,7

V	44	701, 8	849, 3	1158, 5	959, 9	763, 0				886, 5
10 - 12 Monate	45	245, 2	281, 4	308, 9	242, 1	202, 2				256, 0
	46	986, 4	1755, 6	876, 8	979, 9	768, 7				1073, 5
	47	164, 0	200, 6	197, 2	264, 8	132, 1				191, 7
	48	218, 6	209, 4	155, 2	114, 4	87, 4				157, 0
	49	2017, 9	2604, 9	2236, 1	1551, 5	1186, 8				1919, 5
	50	1379, 2	625, 0	395, 1	280, 8	207, 9				577, 6
	51	648, 9	576, 2	711, 9	482, 2	382, 4	720, 2	388, 4	588, 6	562, 4
	52	354, 6	181, 9	172, 3	154, 2					215, 8
Mittelwerte der Gruppe V		746, 3	809, 3	690, 2	558, 9	466, 3	720, 2	388, 4	588, 6	648, 9
VI	53	732, 9	1123, 0	962, 6	565, 3	826, 4				842, 0
13 - 23 Monate	54	843, 5	473, 4	362, 9	171, 0	538, 0	651, 7	579, 9	795, 9	552, 1
	55	1780, 5	1972, 3	1750, 1	918, 6	1346, 2				1553, 5
	56	2092, 5	1562, 8	1522, 8	947, 4	861, 4				1397, 4
	57	511, 9	401, 3	310, 3	199, 2	228, 8	948, 1	683, 7	694, 1	497, 2
	58	962, 8	549, 7	677, 1	440, 7	188, 9	459, 1	881, 5	780, 8	617, 6
	59	2586, 3	2381, 2	2966, 5	2033, 4	1731, 9				2336, 3
	60	2599, 9	2237, 9	1985, 2	2313, 3	1382, 2				2103, 7
	61	1169, 9	586, 8	559, 2	744, 8	1914, 9	2427, 0	2908, 1		1473, 0
Mittelwerte der Gruppe VI		1475, 6	1254, 2	1232, 9	925, 9	1002, 1	1121, 4	1263, 3	756, 9	1263, 6
VII	62	212, 2	154, 0	152, 0	234, 6	93, 9				169, 3
4 - 6 Jahre	63	140, 6	267, 0	324, 7	213, 9	173, 3				223, 9
	64	212, 0	198, 3	115, 8						175, 4
	65	301, 9	324, 4	474, 0	417, 5	265, 2				356, 6
	66	282, 4	430, 5	413, 3	369, 5	285, 0				356, 1
	67	674, 3	556, 0	1271, 8	1700, 4	1111, 1				1062, 7
	68	1727, 5	3262, 6	4045, 9	4704, 5	5023, 6				3752, 8
	69	571, 2	546, 0	516, 0	523, 6	211, 1				473, 6
Mittelwerte der Gruppe VII		515, 3	717, 4	914, 2	1166, 3	1023, 3				821, 3
VIII	70	802, 2	700, 6	287, 5	215, 5					501, 5
8 - 14 1/2 Jahre	71	636, 8	407, 5	347, 9	216, 5	176, 5				357, 0
	72	1690, 2	2138, 2	1966, 8	2094, 2	1878, 3				1953, 5
	73	939, 4	1226, 6	1650, 8	1555, 1					1343, 0
	74	1468, 3	685, 5	537, 3	557, 3	649, 2				779, 5
	75	1212, 0	582, 1	450, 7	493, 4	528, 4				653, 3
	76	3136, 3	2154, 1	1301, 9	555, 0					1786, 8
	77	1007, 3	2165, 4	1421, 0	971, 2					1391, 2
	78	2148, 9	2852, 8	2274, 7	2401, 2	2061, 7				2347, 8
	79	1542, 8	2496, 9	1538, 6						1859, 4
Mittelwerte der Gruppe VIII		1458, 4	1541, 0	1277, 7	1006, 6	1058, 8				1297, 3
Frühgeborene	80	183, 9	54, 6	58, 3	96, 3	117, 3	135, 3	161, 4		113, 9
1. Lebenswoche	81	376, 7	117, 6	82, 0	107, 1	158, 7	132, 0			162, 4
Mittelwerte der Gruppe IX		480, 3	86, 1	70, 1	101, 7	138, 0	133, 6	161, 4		138, 1
Frühgeborene	82	185, 2	260, 1	248, 4	221, 2	200, 6	163, 9			213, 2
15. - 24. Woche	83	1150, 6	1152, 5	396, 1	702, 1	498, 9	572, 0			745, 4
Mittelwerte der Gruppe X		667, 9	706, 3	322, 2	461, 6	349, 7	367, 9			479, 3

oft stark voneinander ab, was am besten ein Vergleich der einzelnen Tagesmittel mit dem Gesamtdurchschnitt des betreffenden Kindes zeigt. So beträgt z.B. bei Kind Nr. 8 der Durchschnitt von allen Untersuchungstagen 588,7, der Mittelwert vom 1. Tag jedoch 1741,9 und der des 4. Tages 157,8, oder bei Kind Nr. 76 schwanken die Angaben zwischen 3136,3 und 555,0. Im allgemeinen bewegen sich die Widerstände aber in einer individuell vorgegebenen Größenordnung. Bei Kind Nr. 78 liegen z.B. sämtliche Werte über 2000, ebenso weisen die Kinder Nr. 2, 14, 31, 37, 49, 59, 60, 68, 72 konstant hohe Zahlen über 1000 auf. Die Kinder Nr. 10, 13, 20, 24, 29, 32, 38, 39, 48, 64 u.a. haben dagegen durchweg niedere Widerstände unter 250. Je nach hohem bzw. niederem allgemeinen Widerstandsniveau ist die Variationsbreite der einzelnen Mittelwerte entsprechend verschieden. In Widerstandsbereichen über 1000 schwanken z.B. die Werte an den einzelnen Tagen oft bis zu 2000, während in Widerstandsbereichen unter 250 die Mittelwerte von 2 Untersuchungstagen manchmal nur um 1, 2, 4, 8, 10 oder 20 Kilo-Ohm (Kinder Nr. 1, 7, 19, 24, 27, 80 u.a.) differieren. Bei vergleichender Betrachtung aller Tagesmittelwerte des jeweiligen Kindes zeigen sich jedoch auch hier Schwankungen bis zu einem Vielfachen der Einzelwerte.

b) Meßtechnische und klimatische Besonderheiten

Der Grund für die unterschiedliche Variationsbreite der mittleren Tageshautwiderstände in hohen bzw. niederen Bereichen ergibt sich aus meßtechnischen Voraussetzungen und den physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Beziehung Stromstärke/Widerstand. Trotz genauerer Aufschlüsselung niederer Stromstärkewerte durch das Spiegelgalvanometer entsprechen hier Änderungen von nur wenigen Teilstrichen doch noch sehr hohen Widerstandsänderungen, die auch in den stark wechselnden Tagesdurchschnitten bei hohem Widerstandsniveau zum Ausdruck kommen, während in hohen Stromstärke- bzw. niederen Widerstandsbereichen bei den gleichen Skalenteilstrichänderungen die umgerechneten Widerstandswerte nur wenig differieren und demzufolge auch die Tagesmittelwerte eine geringere Schwankungsbreite zeigen.

Für die Tatsache, daß die mittleren Tageshautwiderstände für jedes Kind, sowohl bei individuell hohem als auch niedrigem Niveau, an fortlaufenden Untersuchungstagen nicht gleich sind, möchten wir, neben experimentell nicht faßbaren endogenen Verschiedenheiten in der Konstitution des Kindes selbst entsprechend den in der Literatur mitgeteilten Erfahrungen und nach

unseren eigenen, weiter unten zu besprechenden Untersuchungen hauptsächlich die klimatischen Verhältnisse und die dadurch geschaffenen täglich variierenden Voraussetzungen für die Wärmeregulation verantwortlich machen.

Aus Tabelle III ist noch eine weitere Besonderheit zu ersehen. Stellt man die mittleren Hautwiderstände des 1. Untersuchungstages denen des letzten gegenüber, so ist mit wenigen Ausnahmen der Endwert kleiner als der zu Beginn der Messung. Entsprechend dazu fällt im allgemeinen eine absinkende Tendenz der Werte während der Untersuchungstage auf, insbesonders ist dies dann festzustellen, wenn der Anfangswert sehr hoch war. Betrachtet man die zusammenfassenden Spalten für die einzelnen Altersgruppen, so läßt sich ein stetiger Abfall der Tagesmittelwerte zum Ende der Untersuchung hin vor allem für die Gruppen I, II, IV, VI, VIII erkennen, bei den anderen Gruppen ist zumindest der Anfangswert höher als der Endwert. Nur bei Gruppe VII sind die Verhältnisse umgekehrt. Inwieweit dieser Befund mit klimatischen Bedingungen zu erklären ist, oder ob trotz sorgfältigen Abtupfens der Elektrodenflüssigkeit nach jeder Messung eine Elektrolytanreicherung an den Meßstellen bzw. eine Änderung der Durchfeuchtung der Haut im Laufe der Untersuchungen eine Rolle spielen, kann nicht entschieden werden.

c) Die Veränderung der absoluten Größe des el. HW in den verschiedenen kindlichen Altersstufen

Bei der Betrachtung einer zusammenfassenden Übersicht von Ergebnissen aus den verschiedensten Altersgruppen drängt sich auch die Frage nach altersspezifischen Merkmalen auf.

Aus unseren Absolutwerten lassen sich in dieser Hinsicht zunächst keine zufriedenstellenden Aussagen machen. Wir haben schon festgestellt, daß sehr hohe und sehr niedere Widerstände in allen Altersgruppen vorkommen, wenn man von der zahlenmäßig schwachen Gruppe IX absieht. Bei einer genauen Durchmusterung der Tabelle ergibt sich aber ein gehäuftes Auftreten von niederen Werten in Gruppe I (Neugeb. 1. LW.), Gruppe III (5.-18. Woche) und Gruppe IX (Frühgeb. 1. LW.), während hohe Zahlen vermehrt in Gruppe VI (13 - 23 Mon.) und VIII (8 - 14 1/2 J.) zu finden sind. Die Gesamtdurchschnittszahlen der einzelnen Altersgruppen verhalten sich entsprechend: die niedrigsten Werte weisen die Gruppen I, III und IX auf, während die

höchsten zu Gruppe VI und VIII gehören. Es liegt nun nahe, anzunehmen, daß die Absolutwerte der Hautwiderstände mit zunehmendem Alter ansteigen. Gegen diese Konzeption scheint jedoch die kontinuierliche Reihenfolge der Gesamtdurchschnittszahlen zu sprechen: Während Gruppe I einen Durchschnitt von 522, 7 und Gruppe II von 928, 5 hat, folgt Gruppe III mit einem wesentlich niedrigeren Betrag von 436, 8. Auch in den folgenden Gruppen wechselt ein höherer mit einem niedereren Wert ab bis zum Höchstwert von 1297, 3 in der Gruppe der 8 - 14 1/2 Jährigen.

Es muß nun aber berücksichtigt werden, daß die Ergebnisse in den 10 Altersgruppen mit 3 verschieden großen Elektroden gewonnen wurden und sich in dieser Form nicht miteinander vergleichen lassen. Nach GILDEMEISTER (56) nimmt der Widerstand etwa umgekehrt mit der Vergrößerung der ableitenden Elektrodenfläche ab, je größer also die ableitende Elektrodenfläche, desto kleiner der Widerstand und umgekehrt. Der Elektrodenabstand spielt unter diesen Umständen nach GILDEMEISTER (56) keine so bedeutende Rolle. In unseren Untersuchungen wurden die Kinder der Gruppen I und IX (Neu- bzw. Frühgeb. der 1. LW.) mit der "Säuglingselektrode", die Gruppen II - VI (2. LW - 23 Mon.) und X (Frühgeb. 15.-24. LW.) mit der "Kleinkinderelektrode" und die Gruppen VII und VIII (4 - 6 bzw. 8 - 14 1/2 Jahre) mit der "Erwachsenenelektrode" gemessen. Die ableitenden Elektrodenflächen der Säuglingselektrode betrugen annähernd 0, 8 cm^2, die der Kleinkinderelektrode 3 cm^2 und die der Erwachsenenelektrode 7 cm^2, die beiden letzteren waren also etwa 4- bzw. 8 mal so groß wie die Säuglingselektrode. Wären alle Kinder z. B. mit der Säuglingselektrode gemessen worden, so müßten, nach der von GILDEMEISTER angegebenen Beziehung, die Widerstände der Gruppen II - VI etwa 4 mal, die der Gruppen VII und VIII etwa 8 mal größer sein, als sie tatsächlich ermittelt wurden. Wenn wir die zahlenmäßig schlecht belegte Gruppe II aussparen, die Durchschnittszahlen der Gruppen III - VIII jeweils mit dem oben angegebenen Faktor multiplizieren und dann die Entwicklungsreihe betrachten, so ergibt sich, wie in Tabelle IV gesondert dargelegt ist, ein nahezu kontinuierliches Ansteigen der Absolutwerte in den einzelnen Altersgruppen von 522 K.-Ohm bei den Neugeborenen bis zu 10 378 K.-Ohm bei den älteren Schulkindern. Das gehäufte Auftreten von hohen Widerständen in Gruppe VI und VIII, sowie von niederen in Gruppe I und III, wie wir in Tab. III feststellten, wäre demnach kein Zufallsbefund, sondern ordnet sich trotz Verzerrung der Zahlenwerte infolge Messung mit verschieden großen Elektroden in unsere Annahme vom Ansteigen des HW mit zunehmendem Lebensalter ein.

TABELLE IV

Mittlerer HW in den verschiedenen Altersgruppen
(Absolutwerte in K.-Ohm)

Gruppe	Alter	a	b
I	1. Lebenswoche	(x) 522, 7	522, 7
III	5. - 18. Lebenswoche	(xx) 436, 8	1747, 2
IV	5 - 9 1/2 Monate	(xx) 819, 7	3278, 9
V	10 - 12 Monate	(xx) 648, 9	2595, 5
VI	13 - 23 Monate	(xx) 1263, 6	5054, 5
VII	4 - 6 Jahre	(xxx) 821, 3	6570, 4
VIII	8 - 14 1/2 Jahre	(xxx) 1297, 3	10378, 5

a) errechnet nach Messungen mit der Säuglings- (x), Kleinkinder- (xx) und Erwachsenenelektrode (xxx)
b) umgerechnet auf die Maße der Säuglingselektrode

2. Die Veränderungen des el. HW innerhalb einer 24-Stunden-Periode

Wie an den einzelnen Tagen, so erhielten wir auch zu den verschiedenen Stunden innerhalb eines Tages große, zum Teil maximale Schwankungen des el. HW. Wir haben gesehen, daß bei der vergleichenden Betrachtung von absoluten HW-Werten erhebliche inter- und intraindividuelle Schwankungen, HW-Veränderungen auf Grund klimatischer Verhältnisse, altersspezifische Gegebenheiten und unterschiedliche, elektrodenbedingte Größenordnungen der Werte berücksichtigt werden müssen. Für die Untersuchung der rhythmischen Schwankungen des el. HW im Verlauf einer 24-Stunden-Periode und ihrer Entwicklung in den einzelnen Altersstufen ergibt sich daraus, daß gültige Schlußfolgerungen und vergleichende Aussagen anhand der absoluten Zahlen nur bedingt möglich sind. Zumindest müßten die Werte vorher auf eine einheitliche Bezugsgröße umgerechnet werden, ein Verfahren, das aber zusätzliche Fehlermöglichkeiten enthalten kann. Auch umgerechnet bieten die je nach individuellem Widerstandsniveau ungleich hohen Schwankungen der absoluten Widerstände bei den einzelnen Kindern Schwierigkeiten für die Erkennung charakteristischer Merkmale einer ganzen Altersgruppe. So können z. B. bei einem Kind, dessen Hautwiderstände während des Tages sich nur um etwa 50 - 100 K.-Ohm bei einem sehr niedrigen mittleren Tageshautwiderstand unterscheiden, die gleichen physiologischen Gesetzmäßigkeiten vorliegen wie für die tageszeitlichen Änderungen bis zu 1000 K.-Ohm und mehr bei einem Kind mit sehr hohem Widerstandsniveau.

Da es uns gerade auf die Herausarbeitung dieser physiologischen Vorgänge in einer ganzen Altersgruppe und nicht auf die Erforschung individueller Besonderheiten ankommt, haben wir die absoluten Stundenwerte des HW als prozentuale Schwankungen um das jeweilige Tagesmittel berechnet. Auf diese Weise erhielt jeder Meßwert, ob nun aus hohem oder niederem Widerstandsniveau, gleiche Bedeutung und gleiche Bezugsbasis. Ebenso fallen Faktoren, die die absolute Widerstandsgröße stark beeinflussen können, bei relativen Angaben nicht so sehr ins Gewicht. Dieses bei arbeitsphysiologischen Beobachtungen und zur Darstellung tagesperiodischer Veränderungen gebräuchliche Verfahren hat sich auch in Untersuchungen von RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) zur Klärung physiologischer Vorgänge des HW gut bewährt.

a) Prozentuale Schwankungen des el. HW zu den einzelnen Tagesstunden

In Tabelle V sind die mittleren prozentualen Schwankungen des HW um das Tagesmittel zu den einzelnen Tagesstunden bei den verschiedenen Kindern und Altersgruppen dargestellt.

Erklärung der Tab. V: Wie in Tab. III enthalten die beiden ersten senkrechten Spalten Altersgruppe und laufende Nummer der Kinder. Alle Zahlen unter den waagerecht aufgeführten Uhrzeiten stellen Mittelwerte dar, die sich für jedes Kind aus den absoluten Stundenwerten an den einzelnen Untersuchungstagen auf folgende Weise errechneten: Zuerst wurde für jeden einzelnen Tag das absolute arithmetische Tagesmittel bestimmt, dieses = 100 % gesetzt und dazu die 12 absoluten Stundenwerte in Prozentwerte umgerechnet. Dann wurde für jede Tagesstunde aus der Summe der an den einzelnen Untersuchungstagen gewonnenen prozentualen Stundenwerte wiederum das arithmetische Mittel gezogen. Diese Werte sind aus der Tabelle ersichtlich. Außer den mittleren prozentualen Stundenwerten bei den einzelnen Kindern wurden auch für jede Altersgruppe aus den prozentualen Stundenwerten aller Kinder einer Altersstufe die arithmetischen Mittelwerte gebildet und in der Tab. V am Schluß der jeweiligen Gruppe eingetragen. Diese Mittelwerte liegen den Kurven der Abb. 1 - 10 zugrunde.

Jeder Stundenwert der einzelnen Kinder setzt sich also aus der Anzahl der Beobachtungstage, jeder Gruppenmittelwert aus der Zahl der untersuchten Kinder mal jeweilige Untersuchungszeit zusammen.

Ein Überblick auf Tab. V vermittelt gegenüber Tab. III ein vollkommen geändertes Bild. Während in Tab. III Extremwerte nach oben und unten sehr häufig zu finden waren und die Zahlenangaben sich etwa in einer Größenordnung zwischen 30 und 4000 bewegten, liegen in Tab. V weitgehend ausgeglichene Werte zum größten Teil zwischen 50 und 200 vor. Während Zahlen über 200 bei den einzelnen Kindern besonders in Gruppe III, V und VI noch verschiedentlich anzutreffen sind, kommen Zahlen über 300 im ganzen Untersuchungsgut nur 3 mal vor, und der höchste Wert von 413,1 (Kind Nr. 38), der nur 1 mal erreicht wird, steht weit über dem allgemeinen Durchschnitt. Ähnlich verhält es sich bei Minimalwerten unter 10, die nur vereinzelt auftreten. Es fällt dabei auf, daß obere und untere Grenzwerte in den Gruppen der jüngeren Jahrgänge, nämlich in den Gruppen I, II und IX fehlen, und daß in den übrigen Gruppen hohe Zahlen relativ

TABELLE V

Prozentuale Schwankungen des Hautwiderstandes um das Tagesmittel
bei den einzelnen Kindern und Altersgruppen
(Mittelwerte)

Alters-gruppe	Lfd. Nr. des Kindes	5^{00}	7^{00}	9^{00}	11^{00}	12^{00}	13^{00}	15^{00}	17^{00}	19^{00}	21^{00}	23^{00}	1^{00}	3^{00}
I	1	72,6	98,8	102,7	110,0		115,4	92,4	84,6	100,6	80,9	84,6	127,0	124,5
1. Lebenswoche	2	34,2	114,9	104,5	151,4		142,0	174,2	56,4	66,3	99,9	104,4	71,6	80,2
	3	69,6	69,6	139,6	86,0		160,1	126,6	78,3	67,1	116,5	137,4	76,4	83,7
	4	133,3	130,4	67,3	71,6		63,2	65,4	124,2	116,1	103,1	82,4	118,7	124,4
	5	113,5	67,1	112,0	132,9		115,4	151,4	100,3	67,5	58,7	81,0	81,5	127,1
	6	94,8	96,7	83,1	120,3		125,2	106,2	106,7	85,4	87,7	99,3	86,4	106,7
	7	121,0	96,4	95,7	100,5		99,9	96,7	93,3	95,7	89,1	111,2	85,1	114,9
	8	68,5	150,6	105,3	123,3		219,9	73,8	121,7	65,0	66,8	59,3	67,7	76,3
	9	109,6	105,2	137,8	88,6		104,2	68,6	121,7	62,3	114,0	86,2	88,3	112,5
	10	113,3	89,9	91,6	116,1		104,9	88,4	119,5	99,3	96,2	85,0	85,7	103,9
	11	92,3	110,0	118,7	144,2		114,4	98,4	125,3	70,7	90,4	57,8	64,7	112,7
	12	152,6	106,0	98,2	107,6		107,7	100,1	100,6	84,3	76,8	63,6	90,5	112,8
	13	100,8	87,2	99,2	75,8		113,5	114,1	140,0	108,5	96,0	84,5	79,0	101,5
Mittelwerte von Gruppe I		100,30	99,24	103,99	110,87		119,25	104,97	104,96	84,32	89,27	87,92	87,43	108,47
II	14	69,7	177,0	212,1	152,3		126,2	163,6	87,2	55,1	71,2	57,9	40,0	68,7
2. -4. Woche	15	66,2	90,3	128,1	239,5		73,8	89,8	39,9	38,0	73,0	94,6	133,7	133,2
	16	76,9	162,0	124,5	174,8		108,8	77,3	99,7	75,4	67,4	82,4	63,4	87,5
	17	90,2	131,3	124,8	121,1		80,8	81,2	88,4	108,3	92,5	102,3	103,7	75,5
Mittelwerte von Gruppe II		76,1	135,0	139,2	174,4		93,2	95,2	77,4	68,9	75,3	84,7	89,2	91,4
III	18	106,8	103,2	69,1	189,3		97,2	128,6	90,7	66,5	124,9	82,3	66,2	75,2
5. -18. Woche	19	61,0	90,7	283,7	213,8		74,4	174,5	40,6	22,1	34,5	46,0	135,0	91,3
	20	74,0	59,1	57,4	118,4		132,4	125,7	83,8	119,4	95,9	98,4	123,2	112,2
	21	31,6	70,9	121,7	190,8		167,1	189,2	184,7	93,8	43,4	37,4	30,2	39,2
	22	53,6	100,3	129,5	266,7		66,7	104,5	90,1	87,1	52,5	58,7	61,5	128,7
	23	49,5	66,7	169,1	152,4		163,9	116,3	89,9	57,4	88,5	73,3	64,7	108,4
	24	115,5	236,9	181,7	44,9		35,4	71,1	101,9	92,9	37,6	30,1	82,1	170,2
	25	79,0	119,4	104,5	225,7		110,2	269,5	23,2	5,6	13,8	100,5	42,6	106,0
	26	22,4	109,4	80,5	36,1		123,1	239,2	93,7	73,0	148,2	113,2	110,7	50,5
	27	85,7	149,8	136,0	187,0		72,7	170,0	64,9	44,6	59,8	50,0	56,2	102,4
	28	90,1	81,8	155,7	136,6		116,0	70,7	71,3	61,9	39,1	94,3	94,6	188,1
	29	135,8	186,8	119,9	127,7		24,7	121,6	56,8	96,8	93,8	62,6	87,0	86,5
	30	19,5	249,8	222,6	163,2		233,1	140,1	32,3	49,4	13,7	36,6	18,0	19,8
	31	27,4	167,2	135,3	177,1		64,0	290,8	113,6	39,6	67,7	40,0	32,5	44,0
	32	101,9	144,1	103,7	130,7		78,7	132,3	90,4	80,1	57,2	78,1	109,2	93,6
	33	196,3	168,7	249,6	70,0		39,6	97,9	173,1	4,6	77,2	112,1	5,4	5,5
Mittelwerte von Gruppe III		79,1	130,8	145,2	148,9		99,1	152,8	88,1	62,3	65,5	69,9	70,4	87,9
IV	34	91,8	80,1	107,0	157,6		104,4	98,1	74,1	55,3	117,3	161,9	93,1	59,3
5-9 1/2 Monate	35	102,3	136,4	104,7	69,2		137,0	70,0	53,6	71,3	94,3	117,3	64,1	179,9
	36	94,4	216,7	110,2	138,2		150,5	132,0	225,5	38,6	40,0	14,7	2,7	30,4
	37	154,3	51,1	62,1	59,9		394,2	67,0	35,3	40,9	81,4	78,1	106,3	70,3
	38	32,0	120,0	168,1	166,5		413,1	51,8	75,9	63,9	27,5	22,2	25,9	33,2
	39	73,6	108,7	188,7	88,5		354,6	66,4	74,3	36,5	31,3	87,1	28,7	57,6
	40	86,8	117,5	157,2	137,0		113,9	70,8	53,5	101,4	104,8	73,4	75,0	108,6
	41	31,8	48,2	129,0	88,4		152,5	120,6	66,8	60,1	179,3	149,7	130,6	42,8
	42	202,2	13,7	99,5	17,1		198,3	23,3	28,2	168,6	91,4	10,8	205,0	124,3
	43	61,2	106,1	117,5	147,7		140,8	124,2	131,0	75,1	89,9	130,6	31,5	38,3

Mittelwerte von Gruppe IV		93,0	99,8	124,4	107,0		215,9	82,2	81,8	71,1	86,3	86,1	76,9	75,1
V	44	283,2	136,3	244,8	29,5		167,8	109,5	9,5	5,3	2,7	109,1	101,6	53,0
10 - 12 Monate	45	157,5	62,0	189,5	126,5		159,1	209,4	77,7	56,3	11,5	74,6	18,1	57,4
	46	265,2	188,4	188,5	60,0		90,8	8,2	82,8	16,9	87,1	95,7	79,0	60,6
	47	27,2	19,9	100,3	183,1		191,7	108,0	82,9	166,0	51,5	69,1	100,8	84,9
	48	136,5	69,0	117,7	79,5		148,4	72,2	33,2	128,5	66,4	122,9	120,0	105,7
	49	151,4	74,7	144,2	63,2		209,9	38,8	31,1	71,3	31,5	105,8	149,1	125,3
	50	88,7	166,1	125,5	111,6		116,3	94,6	117,8	81,2	80,0	67,2	60,1	89,8
	51	253,5	41,2	77,2	67,5		97,0	10,8	55,0	18,5	43,1	9,9	208,3	240,7
	52	69,8	98,4	157,0	162,5		103,4	88,2	93,1	88,6	67,7	92,4	83,6	95,2
Mittelwerte von Gruppe V		163,4	92,0	144,6	96,3		141,1	76,4	63,5	67,6	48,3	79,6	109,6	110,4
VI	53	176,3	8,2	51,7	21,3		161,2	6,8	10,2	105,5	142,4	186,7	158,6	171,1
13 - 23 Monate	54	293,3	82,6	33,9	64,9		105,3	15,4	59,5	9,8	76,1	115,3	175,9	165,5
	55	158,5	191,5	49,9	37,8		131,1	7,0	9,4	51,3	111,4	97,9	164,3	189,8
	56	141,9	152,3	72,7	145,4		121,1	59,8	22,9	18,5	90,3	77,4	134,3	163,1
	57	229,6	131,2	94,7	79,8		103,2	18,0	28,4	36,3	53,1	55,6	284,9	84,8
	58	237,0	55,5	103,6	90,8		184,4	10,9	29,5	18,8	13,4	42,4	210,5	203,0
	59	141,1	109,2	144,6	71,6		168,0	11,9	3,2	72,7	84,7	148,2	122,2	122,2
	60	231,3	118,2	83,2	33,6		208,8	19,4	5,2	39,7	68,9	91,9	122,0	177,6
	61	171,6	477,9	14,1	41,1		92,8	3,5	11,7	28,4	22,2	129,0	144,7	63,1
Mittelwerte von Gruppe VI		205,8	149,9	70,8	66,4		138,3	16,1	22,8	38,5	67,6	100,7	176,6	146,2
VII	62	186,8	196,0	67,1	55,4	21,3	41,0	171,1	57,9	110,4	58,5	88,8	91,3	91,2
4 - 6 Jahre	63	94,3	82,2	126,2	119,9	169,6	131,5	121,0	77,2	67,9	78,3	89,6	114,1	85,0
	64	101,8	170,0	102,3	76,2	147,8	171,7	120,7	99,7	65,6	40,5	85,4	70,8	65,4
	65	83,7	146,1	189,6	130,4	168,6	120,1	126,9	149,0	57,3	26,3	69,8	80,0	60,3
	66	75,2	166,4	121,9	81,1	97,6	134,5	88,6	92,6	124,8	19,1	80,1	111,9	104,1
	67	252,5	193,3	132,6	68,1	66,6	49,1	75,5	14,2	39,0	15,2	139,3	105,9	162,0
	68	44,2	163,3	160,4	147,8	99,8	102,7	188,7	102,1	132,8	14,6	31,4	81,4	40,1
	69	83,7	124,8	165,3	111,8	149,0	139,6	128,1	77,0	85,1	27,9	43,7	70,6	71,4
Mittelwerte von Gruppe VII		115,98	155,87	131,55	100,04	117,86	104,98	124,6	78,33	86,42	34,78	78,16	92,09	86,44
VIII	70	96,3	185,0	304,5	143,7	60,3	77,6	68,8	45,6	42,8	10,4	69,2	77,8	76,7
8-14 1/2 Jahre	71	133,4	153,6	184,6	102,4	120,0	131,2	83,9	113,8	71,4	9,3	50,7	56,0	101,8
	72	221,1	144,6	82,4	40,7	20,1	90,0	74,0	73,7	65,4	2,6	98,7	197,8	187,0
	73	36,7	160,8	158,7	135,8	200,6	182,3	146,9	149,9	112,8	4,4	28,5	28,3	13,8
	74	132,8	214,1	283,5	169,6	19,5	54,6	17,9	26,2	27,8	6,7	57,8	112,5	128,9
	75	78,9	226,5	216,8	123,2	115,3	64,6	91,8	106,7	75,7	50,7	33,0	50,3	80,4
	76	53,5	171,1	162,7	183,6	187,0	169,6	148,7	63,6	121,4	7,5	7,7	11,0	55,4
	77	180,4	183,4	207,6	112,0	72,2	82,9	66,8	45,6	60,8	41,9	81,6	58,9	91,4
	78	187,3	166,6	107,9	86,5	90,9	96,2	94,0	51,8	117,6	81,4	54,0	61,0	102,7
	79	41,1	139,4	114,9	199,1	163,8	153,3	187,2	127,0	108,0	14,1	7,8	44,2	26,3
Mittelwerte von Gruppe VIII		121,8	176,8	182,2	125,0	101,5	106,6	93,1	78,6	78,8	23,9	51,0	71,2	91,6
IX														
Frühgeborene	80	88,9	125,0	109,8	86,4		144,2	95,7	92,7	81,0	96,4	101,7	87,9	89,5
1. Woche	81	85,2	110,8	86,4	146,8		103,8	102,1	83,5	86,3	113,9	95,9	83,3	101,9
Mittelwerte von Gruppe IX		87,2	118,5	99,0	114,3		125,6	98,6	88,5	83,4	104,5	99,0	85,8	95,3
X														
Frühgeborene	82	48,0	255,0	65,5	236,0		125,2	144,9	126,3	15,4	12,3	50,0	221,7	110,5
15. -24. Woche	83	109,2	212,3	16,7	159,3		194,3	36,4	23,5	61,1	161,2	173,8	29,7	13,5
Mittelwerte von Gruppe X		78,6	233,6	41,1	197,6		159,7	90,6	74,9	38,2	86,7	111,9	125,7	62,0

häufig in den Vormittags- und frühen Nachmittagsstunden festzustellen sind und niedere Werte eine bevorzugte Anordnung am späten Nachmittag und in der Nacht erkennen lassen. Diese Eigenheit, die wir als typische tagesperiodische Veränderung ansehen, kommt in den Mittelwerten der einzelnen Altersgruppen noch deutlicher zum Ausdruck und soll ausführlich erörtert werden.

b) Die tagesperiodischen Veränderungen des el. HW in den verschiedenen kindlichen Altersstufen

Gegenüber den Werten der einzelnen Kinder in Tab. V erscheinen die Mittelwerte der Altersgruppen in ihren Schwankungen noch mehr ausgeglichen und einheitlicher. Nur 3 mal wird die 200-Grenze um weniges überschritten (Gruppe IV, VI und X), dabei jedesmal in der 1. Tageshälfte. Gruppe VI (13-23 Mon.) weist mit 16,1 % am Nachmittag den Tiefstwert auf und zeigt damit die größte Schwankungsbreite unter allen Gruppen. Die geringsten Abweichungen vom Tagesmittel kommen in den Gruppen I und IX (Neu- bzw. Frühgeb. der 1. LW.) vor, während in den anderen Altersgruppen Maxima und Minima sich in charakteristischer Weise zu bestimmten Tageszeiten gruppieren.

Zur Veranschaulichung der in den einzelnen Altersgruppen typischen Veränderungen des el. HW im Verlaufe eines Tages und der Entwicklung einer Tagesperiodik haben wir in den Abbildungen 1 - 10 die relativen Mittelwerte der 10 Altersgruppen aus Tab. V kurvenmäßig dargestellt.

aa) Gruppe I : Neugeborene der 1. Lebenswoche (Abb. 1)

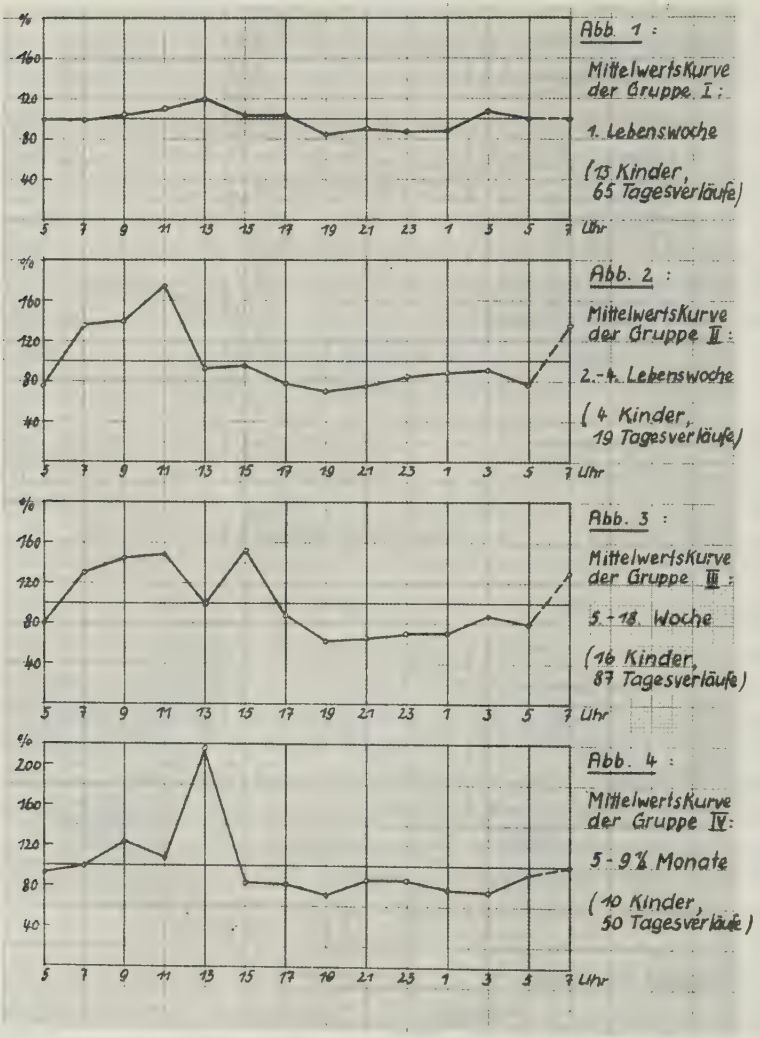
Wie schon erwähnt, zeigt die Tageskurve der Neugeborenen ein recht nivelliertes Bild mit nur geringen Abweichungen um maximal 19 % vom Tagesmittel, ein Befund, der schon aus der Betrachtung der Werte der einzelnen Kinder in Tab. V zu erwarten war. Trotz der annähernd gleichmäßigen Verteilung der HW-Werte um das Tagesmittel läßt sich jedoch eine Tendenz zum Überschreiten des Tagesmittel am Vormittag und eine Tendenz zum Unterschreiten am Abend und in der Nacht beobachten, was angesichts der schon allgemein festgestellten gehäuften Anordnung hoher Werte am Vormittag und niederer in der 2. Tageshälfte als nicht zufällig zu sein scheint.

bb) Gruppe II : Säuglinge der 2. - 4. Lebenswoche (Abb. 2)

Die Kurve der Gruppe II ist durch eine ausgeprägte Gipfelbildung am Vormittag mit einem Maximum von 174,4 % um 11^h charakterisiert. Auch die Werte um 7^h und 9^h liegen erheblich über dem Tagesmittel, während dies zu allen übrigen Stunden gar nicht mehr erreicht wird. Der tiefste Punkt ist mit

Abb. 1 - 10

Prozentuale Schwankungen der Stundenmittelwerte des elektrischen Hautwiderstandes um das Tagesmittel in den einzelnen Altersgruppen



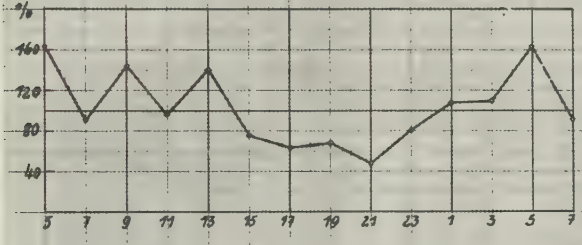


Abb. 5 :
Mittelwertskurve der Gruppe V :
10 - 12 Monate
(9 Kinder, 47 Tagesverläufe)

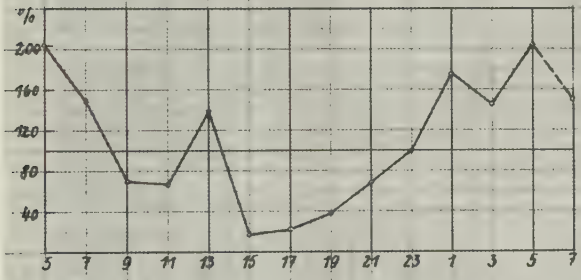


Abb. 6 :
Mittelwertskurve der Gruppe VI :
13 - 23 Monate
(9 Kinder, 56 Tagesverläufe)

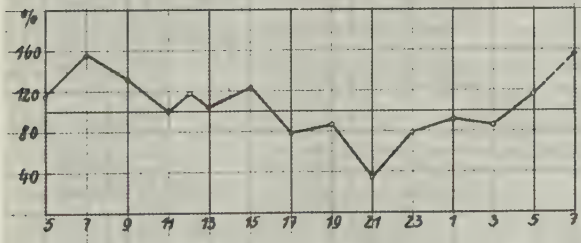


Abb. 7 :
Mittelwertskurve der Gruppe VII :
4 - 6 Jahre
(8 Kinder, 38 Tagesverläufe)

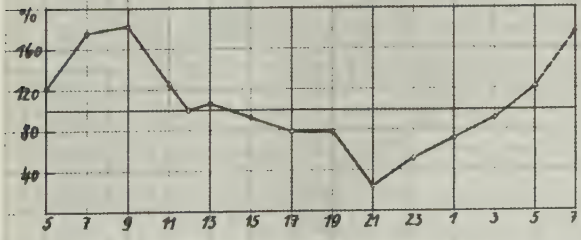


Abb. 8 :
Mittelwertskurve der Gruppe VIII :
8 - 14½ Jahre
(10 Kinder, 44 Tagesverläufe)

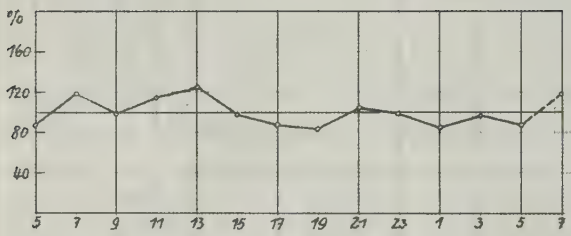


Abb. 9 :
Mittelwertskurve der Gruppe IX:
Frühgeborene 1. Lebenswoche
(2 Kinder, 13 Tagesverläufe)

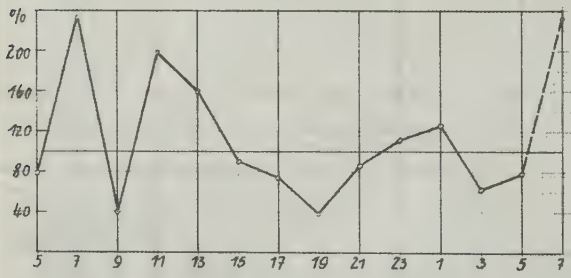


Abb. 10 :
Mittelwertskurve der Gruppe X:
Frühgeborene 15.-24. Woche
(2 Kinder, 12 Tagesverläufe)

68,9 % um 19^h gegeben. Wenn die Mittelwerte dieser Altersgruppe auch nur aus 4 Kindern mit zusammen 19 Tagesverläufen gebildet wurden, so zeigen sie gegenüber der Gruppe I doch eine auffallende Niveauverschiebung der Werte am Vormittag zu denen am Nachmittag und in der Nacht um über 100 %. Die Ursache dafür erblicken wir in einer tagesrhythmischen Gesetzmäßigkeit, die hier deutlich zum Ausdruck kommt.

cc) Gruppe III : Säuglinge der 5. - 18. Lebenswoche (Abb. 3)

Eine ähnliche Gliederung der Tageskurve mit hohen Werten in der ersten und niederen in der zweiten Tageshälfte finden wir in Gruppe III vor. Das Maximum von Gruppe II wird hier nicht ganz erreicht, dafür sind die Werte von 7^h, 9^h und 11^h mehr plateau-artig gehoben. Der Verlauf der Kurve am Abend und in der Nacht ist in Gruppe II und III etwa gleich, das Minimum liegt ebenfalls bei 19^h (62,3 %). Als Besonderheit in Gruppe III ist eine Doppelgipfligkeit zu nennen, die hier erstmals in Erscheinung tritt und u.E. ebenfalls als ein charakteristisches tagesperiodisches Merkmal zu gelten hat. Die Scheitelpunkte bei 11^h und 15^h haben etwa dieselbe Höhe (148,9 bzw. 152,8) und sind durch eine bis zur Mittellinie gehende Senke um 13^h getrennt.

dd) Gruppe IV : Säuglinge von 5 - 9 1/2 Monaten (Abb. 4)

Durch einen zweigipfligen Verlauf ist auch die Tageskurve der Gruppe IV ausgezeichnet. Als wesentliche Änderung gegenüber der letzten Gruppe sind die Gipfel, insbesondere der 2., nach links verschoben, ferner sind sie ungleichmäßig ausgebildet. In der ersten, nur angedeuteten Erhebung (124,4 %) um 9^h kann man einen Rest des Vormittagsplateaus von Gruppe III erblicken, der 2. Gipfel erscheint jedoch in Gruppe IV 2 Std. früher als in der letzten Altersstufe und ändert damit das Kurvenbild. Wo in Gruppe III die Senke war, ist nun in Gruppe IV der Höchstwert anzutreffen, zu den Zeiten der Gipfelbildungen dort zeigt hier die Kurve Einschnitte, eine davon bis unter das Tagesmittel. In überraschender Parallelität folgt aber ab 17^h auch dieser Tagesgang den Kurven der vorhergehenden Altersgruppen.

Die Kinder der Altersgruppe IV waren den gleichen Umwelteinflüssen unterworfen wie die der Gruppe III, vielfach lagen sie in demselben Kinderzimmer, wurden von einer Schwester versorgt, zu gleichen Zeiten gefüttert und zum Teil in der gleichen Meßserie untersucht. Eine Erklärung der Gi-

pfelverschiebung aus exogenen Ursachen können wir daher nicht angeben, sodaß wir auch hier eine spezifische tagesperiodische Veränderung zu erkennen glauben. Diese Anschauung wird bekräftigt, wenn wir auch die folgenden Kurvenverläufe analysieren.

ee) Gruppe V : Kleinkinder von 10 - 12 Monaten (Abb. 5)

Auffälligstes Merkmal dieser Kurve ist die Doppelgipfligkeit am Vormittag bzw. Mittag und das starke Ansteigen des HW in den frühen Morgenstunden. Die Erhebungen um 9^h und 13^h erfolgen wie in der vorherigen Gruppe, erreichen zwar nicht die Höhe des 13^h - Gipfels von Gruppe IV, sind dafür aber beide gleich ausgeprägt (144,6 bzw. 141,1 %). Die Nachmittags- und Abendwerte fallen tiefer ab als bisher, das Minimum, das in den vorausgehenden Altersstufen immer um 19^h zu beobachten war, liegt jetzt erstmalig bei 21^h. Von diesem Zeitpunkt steigen die Werte stetig an und erreichen um 5^h ein 3. Maximum, das mit 163,4 % die Gipfel während des Vormittags und Mittags sogar übersteigt. Betrachten wir rückläufig noch einmal die früheren Kurven, so fällt auch dort eine ansteigende Tendenz zum frühen Morgen hin auf, wobei in Gruppe II und III um 3^h, in Gruppe IV ebenfalls um 5^h ein höchster Wert zu verzeichnen ist. Den Grund für das stärkere Hervortreten dieses frühmorgendlichen HW-Anstieges möchten wir in einer kindlichen Entwicklung vermuten, die in dieser Altersgruppe zu beginnen scheint, die aber unseres Erachtens besonders in der Tageskurve der Gruppe VI zur Auswirkung gelangt.

ff) Gruppe VI : Kleinkinder von 13 - 23 Monaten (Abb. 6)

In der Tat bietet der Kurvenverlauf des HW bei den 13 - 23 Monate alten Kleinkindern ein zunächst verwirrendes Bild. Ein kontinuierlicher Zusammenhang mit den früheren Kurven scheint durchbrochen. An gemeinsamen Eigenschaften blieb der Gipfel um 13^h und das tiefe Niveau am Nachmittag erhalten. Anstelle des 9^h-Gipfels ist dagegen eine ausgesprochene, bis 11^h dauernde Talbildung vorhanden, der 7^h-Wert ist dafür gegenüber Gruppe V stark erhöht, sodaß man darin eine Vorverlegung des 1. Vormittagsgipfels annehmen kann, die aber durch einen sehr hohen frühmorgendlichen HW-Anstieg verdeckt wird. Um 15^h, wo in Gruppe III noch ein Maximum war, und in den anderen Gruppen der nachmittägliche Abfall erst beginnt, ist hier schon ein extremes Minimum von 16,1 % vorhanden, von dem aus ein starkes Ansteigen der Werte zunächst bis 1^h, dann, nach einer Knickbildung, bis zum Maximum von 205,8 % um 5^h wie in Gruppe V erfolgt. Damit um-

faßt die Kurve der Gruppe VI die größten Schwankungen überhaupt. Läßt sich dafür eine hinreichende Erklärung finden?

In der Verhaltensweise der Kinder der Gruppe V (10 - 12 Mon.), mehr noch aber der Gruppe VI (13 - 23 Mon.) tritt eine durchgreifende Änderung gegenüber früheren Jahrgängen ein. Das Leben des Kindes, das sich bisher fast nur im Liegen, bei älteren Säuglingen auch im Sitzen abgespielt hat, vollzieht sich jetzt zu einem Großteil des Tages im Stehen und in gesteigerter Aktivität. Das Kind gewöhnt sich im Bettchen an die aufrechte Haltung, lernt das Gehen zunächst mit Unterstützung, später ohne fremde Hilfe und entwickelt einen erstaunlichen Bewegungsdrang. Im Säuglingsheim verhielten sich die Kinder dieser Alterstufe z.B. außerhalb der Schlafzeiten selten ruhig, immer standen und hopsten sie in ihren Bettchen nicht selten schon am frühen Morgen, und wenn sie, wie es im Säuglingsheim zwischen 14^h und 16^h der Fall war, im Zimmer auf dem Fußboden spielen durften, so geschah dies meistens mit größter Kraftentfaltung. Dieser Wechsel von vorwiegend liegendem Zustand in eine Phase vermehrter körperlicher Aktivität ist zwangsläufig mit einer Veränderung der wärmeregulatorischen Vorgänge verknüpft, die im Verhalten des el. HW ihren Niederschlag findet.

Verfolgen wir nun unter diesen Gesichtspunkten die Tageskurve der Gruppe VI, so erklärt sich die tiefe Senke um 15^h mit der Spielzeit im Säuglingsheim, während der die Kinder praktisch "Schwerarbeiter" sind. Auch der tiefe Einschnitt am Vormittag kann auf diese Weise gedeutet werden. Durch viele tiefe Minimalwerte werden nun - rein mathematisch - größere Absolutzahlen einen verhältnismäßig hohen Prozentwert erhalten. Insofern möchten wir das hohe Ansteigen der Kurve zum frühen Morgen hin als relative Übersteigerung einer deutlich vorhandenen Tendenz zum HW-Anstieg interpretieren, welche in den früheren Kurven und auch in den folgenden beobachtet werden kann und die wir deshalb als tagesrhythmisch vorgegegeben erachten.

Für die Verlaufsform der Kurve am Vormittag scheint neben dem Einfluß gesteigerter Wärmeregulation noch ein weiterer Gesichtspunkt von Bedeutung zu sein. Wie schon erwähnt, kann in dem hohen 7^h-Wert ein 1. Vormittagsgipfel enthalten gedacht werden. Da auch die Kurven der späteren Jahrgänge einen frühen Vormittagsgipfel aufweisen, liegt der Gedanke nahe, daß es sich um eine echte tagesperiodische Vorverlegung des Morgengipfels

handelt, eine Entwicklung, die sich in der Gruppe der 13 - 23 Monate alten Kleinkinder anzubahnen scheint, infolge der geänderten physiologischen und wärmeregulatorischen Situation in ihrer vollen Ausbildung jedoch verhindert wird.

gg) Gruppe VII : Kleinkinder von 4 - 6 Jahren (Abb. 7)

Die Kurve der 4 - 6-Jährigen bietet wieder ein ausgeglichenes zweigipfliges Bild. Der Hauptgipfel ist deutlich abgegrenzt und hat sein Maximum mit 155, 8 % um 7^h, die Vorverlagerung der Morgenerhebung scheint also abgeschlossen zu sein. Eine zweite, deutliche Überschreitung des Tagesmittels bis 124, 6 % ist um 15^h anzutreffen. Die beiden Maxima liegen somit erstmals in größerem Abstand voneinander mit einer weiten "Mittagssenke" dazwischen. Die geringe Niveauüberschreitung um 12^h ist als nicht einheitlich durchgeführte Zwischenmessung mit nur wenig Zahlenmaterial belegt und beeinflußt auch wegen des kleinen Ausmaßes der Schwankung (17, 8 bzw. 12, 3 % gegenüber den Werten um 11^h und 13^h) den grundsätzlich erkennbaren Verlauf der Kurve nicht. Am Spätnachmittag und Abend fällt die Tageskurve deutlich ab bis zum Tiefstwert von 34, 7 % um 21^h. Daraufhin nimmt der HW wie in den früheren Kurven zum Morgen hin wieder zu und überschreitet um 5^h mit 115, 9 % das Tagesmittel.

hh) Gruppe VIII : Schulkinder von 8 - 14 1/2 Jahren (Abb. 8)

In Abb. 8 überrascht die weitgehende Entsprechung des Tagesgangs des HW mit dem von Abb. 7 in seinen wesentlichen Merkmalen: Morgengipfel, Abendsenke mit Minimum um 21^h und Anstieg gegen 5^h. Der Morgengipfel ist nur etwas höher und breiter (Maxima um 7^h und 9^h mit 176, 3 bzw. 182, 2 %), der Einschnitt um 21^h noch tiefer (23, 9 %) ausgeprägt. Als einzige Abweichung ist anstelle des nachmittäglichen Anstieges um 15^h in Gruppe VII hier nur eine uncharakteristische Bewegung der Kurve um den Mittelwert zu erkennen. Wir können aber vielleicht doch, bes. im Vergleich zu den tiefen Abendwerten, im Kurvenniveau zwischen 13^h und 17^h ein wenn auch nur angedeutetes Äquivalent zur Nachmittagserhebung von Gruppe VII vermuten.

ii) Gruppe IX : Frühgeborene der 1. Lebenswoche (Abb. 9)

Die Kurve der Frühgeborenen der 1. Lebenswoche zeigt den gleichen flachen Verlauf wie die der reifen Neugeborenen. Das Tagesmittel wird in

beiden Fällen nur wenig über- und unterschritten. Auffallend ist jedoch, daß im allgemeinen die Tendenz zum Überschreiten der Mittellinie in der ersten, und ein gehäuftes Unterschreiten in der zweiten Tageshälfte vorherrscht, also ein mit der Gruppe I konformer Befund.

kk) Gruppe X : Frühgeborene der 15. - 24. Lebenswoche (Abb. 10)

Sehr schwer zu beurteilen sind die Verhältnisse bei den Frühgeborenen der 15. - 24. Lebenswoche. Die Kurvenausschläge sind, speziell am Vormittag, extrem und stark alternierend, was wir vornehmlich auf die kleine Zahl der untersuchten Kinder und die verhältnismäßig kurze Beobachtungszeit zurückführen. Vielleicht spielt auch das unterschiedliche Alter der 2 gemessenen Säuglinge eine Rolle, ist doch das eine davon, was das effektive Alter anbetrifft, der Gruppe III, das andere der Gruppe IV zuzuordnen, also Gruppen, innerhalb derer wir eine Änderung der Tagesperiodik am Vormittag ausgeprägt fanden. Ein Vergleich mit den Kurven der entsprechenden Altersgruppen III und IV befriedigt nun nicht, überraschenderweise lassen sich dafür ähnliche Bewegungsabläufe in Gruppe II erkennen. Denken wir uns im Vormittagsplateau der Kurve II den Knick um 9^h noch weiter nach unten ausgezogen, so ergibt sich eine angenäherte Doppelgipfligkeit wie bei den Frühgeborenen. Der Kurvenverlauf ab 11^h läßt sich bei den Gruppen II und X auch ohne "Hilfskonstruktion" in Parallele setzen. Man könnte danach zu der Anschauung gelangen, daß die tagesperiodischen Veränderungen des el. HW bei den Frühgeborenen der 15. - 24. Lebenswoche etwa denen der 2 - 4 Wochen alten reif geborenen Säuglinge entspricht.

Diese Vorstellung erscheint gewagt, und es kann ihr aus Kurvenbild und wegen des dürftigen Zahlenmaterials durchaus widersprochen werden. Als eindeutigen Unterschied der HW-Werte in Gruppe X ergibt sich aber auf jeden Fall ein überwiegendes Vorkommen höherer Werte am Vormittag und ein gehäuftes Auftreten von Werten unter dem Tagesmittel am Nachmittag und Abend - und damit ein allen Kurven gemeinsames tagesperiodisches Merkmal.

c) Die Entwicklung der Tagesperiodik des el. HW im Kindesalter

Zusammenfassend können wir aus den Mittelwertskurven der verschiedenen Altersgruppen die Entwicklung einer Tagesperiodik des el. HW etwa folgendermaßen beschreiben:

Schon bei der Geburt ist eine tagesperiodische Gliederung des el. HW sowohl bei den Früh- als auch den reifen Neugeborenen in der Form vorhanden, daß Werte über dem Tagesmittel während des Tages und Werte unter dem Tagesmittel bei Nacht überwiegen. Dieser Grundrhythmus wird in der 2. - 4. Lebenswoche stärker ausgeprägt: die Vormittagswerte erheben sich weit über das Tagesmittel und unterscheiden sich deutlich von den Nachmittags- und Nachtwerten, die alle die Mittellinie unterschreiten.

In der 5. - 18. Lebenswoche wird die Kurve "zweigipflig" mit Maxima zwischen 9^h und 11^h und um 15^h. Die weitere Entwicklung ist durch eine Verschiebung der Gipfel charakterisiert. Im 5. - 9. Monat rückt der Nachmittagsgipfel zunächst nach links gegen 13^h, der Vormittagsgipfel konzentriert sich auf die Zeit um 9^h. Bei den 13 - 23 Monate alten Kindern bahnt sich eine weitere Linksverschiebung des 1. Vormittagsgipfels gegen 7^h an, die in den folgenden Altersgruppen deutlich zum Vorschein kommt.

In der Gruppe der 4 - 6-Jährigen rückt der 2. Gipfel wieder nach rechts zum Nachmittag hin, und damit erreicht die Kurve eine typische Form tagesperiodischer Funktionsabläufe: Gipfel am Vor- und Nachmittag, Mittagssenke und Abfall zur Nacht. Bei den älteren Schulkindern fehlt der Nachmittagsgipfel, sonst entspricht hier der Tagesgang dem der 4 - 3-Jährigen.

Als einheitliche tagesperiodische Gesetzmäßigkeit, die für alle Altersgruppen zutrifft, hat eine gehäufte Verteilung hoher Werte am Morgen und frühen Mittag, und niederer Werte am Nachmittag und in der Nacht zu gelten.

3. Statistische Beurteilung der Ergebnisse

Um die tagesperiodischen Veränderungen des el. HW, die wir aus den Mittelwertsberechnungen in den verschiedenen kindlichen Altersstufen abgeleitet haben, auf ihre statistische Zuverlässigkeit zu prüfen, wandten wir folgendes Verfahren an. Wir teilten bei allen Altersgruppen den Tag in einzelne Abschnitte ein, in denen ein gehäuftes Auftreten der Werte über bzw. unter dem Tagesmittel zu beobachten gewesen war, und erhielten auf diese Weise eine Vormittagsperiode von 7^h - 13^h (Tagesabschnitt I) mit überwiegenden Werten über dem Tagesmittel, ferner eine Nachmittagsperiode von 15^h - 17^h (Tagesabschnitt II) und eine Nachtperiode von 19^h - 5^h (Tages-

abschnitt III) mit Werten vorwiegend unter dem Tagesmittel.

Mit dem χ^2-Verfahren nach PEARSON untersuchten wir in den betreffenden Tagesabschnitten die Unterschiede zwischen Werten über und unter dem Tagesmittel auf ihre Signifikanz, indem wir zunächst die Nullhypothese zugrunde legten (vgl. S. 52). Die Ergebnisse sind in Tab. VI niedergelegt.

Unter Verwendung der Hypothese von der Homogenität des Kollektivs berechneten wir ferner, ob die Verteilung hoher und niederer Werte in 2 benachbarten Tagesabschnitten und in 2 aufeinanderfolgenden Altersgruppen der gleichen Grundgesetzlichkeit gehorcht oder nicht. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tab. VII aufgeführt.

In beiden Tabellen sind in der Horizontalen neben den Altersgruppen die Werteverhältnisse, in der Spalte zwischen den Tagesabschnitten bzw. zwischen den einzelnen Altersgruppen die χ^2-Werte angegeben. Die mit p (= probability) bezeichneten Prozentwerte bedeuten die prozentuale Zufallswahrscheinlichkeit, mit der sich das beobachtete Werteverhältnis von dem angenommenen Erwartungswert unterscheidet. Entsprechend den gültigen Stufen der prozentualen Wahrscheinlichkeit, die auf S. 53 beschrieben wurden, war die Differenz entweder "sehr signifikant" (in der Tabelle mit (+++) gekennzeichnet), "signifikant" (++), "wahrscheinlich signifikant" (+) oder "nicht signifikant" (-).

Überblicken wir in Tab. VI die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten im Zusammenhang, so fällt auf, daß in Tagesabschnitt I (7^h - 13^h) bei den Gruppen I - VI kein signifikanter Unterschied besteht, ebenso entspricht das Werteverhältnis bei den Frühgeborenen der Nullhypothese. Dagegen unterscheiden sich bei der Gruppe VII und VIII in diesem Tagesabschnitt die Werte über dem Tagesmittel "sehr signifikant" von denen unter ihm.

In Tagesabschnitt II (15^h - 17^h) wird das Tagesmittel bei den Gruppen II - VI in "sehr signifikanter" bzw. "signifikanter" Weise unterschritten, in Gruppe VIII und IX ist der Werte-Unterschied nur "wahrscheinlich signifikant", in Gruppe I, VII und X "nicht signifikant".

Die statistische Prüfung der Werteverteilung im Tagesabschnitt III (19^h - 5^h) bietet ein überraschend einheitliches Bild. Nur mit Ausnahme der Gruppe der 13 - 23 Monate alten Kleinkinder liegen sonst überall die Werte "sehr signifikant" bzw. "signifikant" unter dem Tagesmittel.

Für die einzelnen Altersgruppen ergeben die statistischen Berechnungen folgende Aussagemöglichkeiten:

Die gehäufte Anordnung niederer Werte in der 2. Tageshälfte, die nach den Mittelwerten schon bei den Neugeborenen der 1. Lebenswoche aufgefallen war, erwies sich als nicht zufallsbedingt, sondern stellt eine erste, statistisch gesicherte, tagesperiodische Gliederung des el. HW dar. Der HW-Verlauf während des Tages weist dagegen noch keine signifikanten Unterschiede auf.

Von der 2. Lebenswoche ab bis zum Ende des 1. Lebensjahres (Altersgruppen II - V) ist zusätzlich zu den sich "sehr signifikant" abzeichnenden niederen Nachtwerten als weitere statistische Gesetzmäßigkeit ein "sehr signifikantes" bzw. "signifikantes" Unterschreiten des Tagesmittels in der Nachmittagsperiode zu erkennen, womit der einheitliche Kurvenverlauf des HW in diesen Altersgruppen eine statistische Sicherung erfährt. Die Maxima, die sich in den Mittelwertskurven der Altersgruppen II - V in der Zeit von 7^h - 13^h in wechselnder Ausdehnung abhoben, fanden jedoch keinen entsprechenden statistischen Niederschlag. Zwar lagen in diesem Tagesabschnitt im Durchschnitt jeweils mehr Werte über dem Tagesmittel als darunter, der Unterschied war jedoch "nicht signifikant".

Entsprechend dem abweichenden Kurvenverlauf der Altersgruppe VI (13 - 23 Monate) nimmt auch ihre statistische Beurteilung eine Sonderstellung ein. Nur in der Nachmittagsperiode entsprach die Verteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel den übrigen Altersgruppen: Die extrem tiefe Nachmittagssenke, die in der Mittelwertskurve zu verzeichnen war, spiegelte sich in einem "sehr signifikanten" Unterschied der Werte unter dem Tagesmittel zu denen darüber wieder. In den Tagesabschnitten I und III war das Werteverhältnis dagegen genau umgekehrt wie in den benachbarten Altersgruppen: in der Vormittagsperiode überwogen die Werte unter, in der Nachtperiode die über dem Tagesmittel sogar "wahrscheinlich signifikant". Die Ursache für dieses entgegengesetzte Resultat haben wir in der geänderten Verhaltensweise der Kinder dieser Altersstufe vermutet (vgl. S. 67).

In den Altersgruppen VII und VIII ergab sich ein "sehr signifikantes" Überwiegen von Werten über dem Tagesmittel in Tagesabschnitt I, womit die ausgeprägte einheitliche Gipfelbildung am Vormittag bei den älteren Kleinkindern und Schulkindern zum Ausdruck kommt. In der Nachmittagsperiode

TABELLE VI

Statistische Prüfung der Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten (Nullhypothese)

Altersgruppe	Tagesabschnitt	I	II	III
	Zeit	7^{00} - 13^{00}	15^{00} - 17^{00}	19^{00} - 5^{00}
I. 1. Lebenswoche	Werte über/unter dem Tagesmittel	123 : 129	59 : 64	137 : 255
	χ^2	0,142	0,204	35,520
	p	> 5 % (-)	> 5 % (-)	< 0,1 % (+++)
II. 2.-4. Lebenswoche	Werte über/unter dem Tagesmittel	41 : 30	10 : 27	25 : 88
	χ^2	1,704	7,810	35,124
	p	> 5 % (-)	< 1 % (++)	< 0,1 % (+++)
III. 5.-18. Lebenswoche	Werte über/unter dem Tagesmittel	178 : 169	69 : 105	135 : 386
	χ^2	0,234	7,448	12,092
	p	> 5 % (-)	< 1 % (++)	< 0,1 % (+++)
IV. 5 - 9 1/2 Monate	Werte über/unter dem Tagesmittel	109 : 91	30 : 70	105 : 194
	χ^2	1,620	16,000	26,492
	p	> 5 % (-)	< 0,1 % (+++)	< 0,1 % (+++)
V. 10-12 Monate	Werte über/unter dem Tagesmittel	95 : 87	25 : 67	108 : 167
	χ^2	0,352	19,174	12,658
	p	> 5 % (-)	< 0,1 % (+++)	< 0,1 % (+++)
VI. 13 - 23 Monate	Werte über/unter dem Tagesmittel	94 : 130	3 : 109	188 : 148
	χ^2	5,786	100,320	4,762
	p	< 5 % (+)	< 0,1 % (+++)	< 5 % (+)
VII. 4 - 6 Jahre	Werte über/unter dem Tagesmittel	106 : 55	42 : 33	56 : 158
	χ^2	16,156	1,080	48,616
	p	< 0,1 % (+++)	> 5 % (-)	< 0,1 % (+++)
VIII. 8 - 14 1/2 Jahre	Werte über/unter dem Tagesmittel	131 : 58	33 : 55	79 : 179
	χ^2	28,194	5,500	38,760
	p	< 0,1 % (+++)	< 5 % (+)	< 0,1 % (+++)
IX. Frühgeborene 1. Lebenswoche	Werte über/unter dem Tagesmittel	24 : 28	7 : 17	27 : 51
	χ^2	0,153	4,166	7,384
	p	> 5 % (-)	< 5 % (+)	< 1 % (++)
X. Frühgeborene 10.-24. Lebenswoche	Werte über/unter dem Tagesmittel	21 : 23	9 : 15	13 : 58
	χ^2	0,090	1,500	28,521
	p	> 5 % (-)	> 5 % (-)	< 0,1 % (+++)

Anmerkung: p = prozentuale Zufallswahrscheinlichkeit
(+++) = "sehr signifikant" (+) = "wahrscheinlich signifikant"
(++) = "signifikant" (-) = "nicht signifikant"

nähere Erläuterung s. Text

unterscheiden sich die beiden Altersgruppen. Während bei den 4 - 6-Jährigen zwischen 15^h und 17^h eine - allerdings statistisch "nicht signifikante" - Häufung von Werten über dem Tagesmittel zu beobachten war, zeigte die Nachmittagsperiode der 8 - 14-Jährigen eine "wahrscheinlich signifikante" Unterschreitung des Tagesmittels. Eine statistisch gesicherte Gesetzmäßigkeit im Tagesablauf des el. HW ließ sich zu diesem Zeitpunkt also nicht ableiten. Dafür lagen die Nachtwerte "sehr signifikant" unter dem Tagesmittel, wie nach der Mittelwertskurve zu erwarten war.

Die Gruppen der Frühgeborenen wiesen in Tagesabschnitt I keinen statistisch sicheren Unterschied in der Verteilung der Werte auf. In Tagesabschnitt III war aber auch in diesen Altersstufen der Unterschied der Werte unter dem Tagesmittel zu denen darüber "sehr signifikant."

Eine Ergänzung der bisherigen statistischen Ergebnisse vermittelt Tabelle VII, in der entsprechend der Hypothese von der Homogenität des Kollektivs das Werteverhältnis des einen Tagesabschnittes mit dem des anderen verglichen wurde.

In Gruppe I ergab der Vergleich der Wertepaare von Tagesabschnitt I und II keinen signifikanten Unterschied. Während der Nachtperiode überwogen jedoch die Werte unter dem Tagesmittel so stark, daß gegenüber der Verteilung in der Nachmittagsperiode ein "signifikanter" Unterschied resultierte - eine weitere Bestätigung für das Vorliegen einer gesetzmäßigen tagesperiodischen Gliederung des HW-Verlaufs schon in dieser Altersstufe.

In Gruppe II besteht zwischen Tagesabschnitt I und II ein "signifikanter", in Gruppe IV und V ein "sehr signifikanter" Unterschied. In Gruppe III ist der Unterschied in diesen Zeitabschnitten nur "wahrscheinlich signifikant", dafür aber die Differenz zwischen Tagesabschnitt II und III "sehr signifikant". Daraus geht hervor, daß in den Altersstufen II - V während der Vormittagsperiode die Werteverteilung um das Tagesmittel im statistischen Zufallsbereich liegt, der Vergleich des Werteverhältnisses mit dem des nächsten bzw. übernächsten Tagesabschnittes jedoch statistisch gesicherte Unterschiede aufweist.

Der extreme Kurvenverlauf von Altersgruppe VI spiegelt sich auch in Tab. VII in den "sehr signifikanten" Unterschieden beim Vergleich der 3 Tagesabschnitte zueinander wieder.

Das Überwiegen der Werte über dem Tagesmittel am Nachmittag, das nur in Gruppe VII festzustellen war, folgte der gleichen Grundgesetzlichkeit wie das Werteverhältnis in der Vormittagsperiode dieser Altersgruppe, ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen Tagesabschnitt I und II bestand deshalb nicht. Gegenüber der Nachtperiode unterschieden sich die Werte am Nachmittag "signifikant".

Bei den älteren Schulkindern (Altersgruppe VIII) lag das Kurvenniveau am Vormittag "sehr signifikant" höher gegenüber dem am Nachmittag, während zwischen Nachmittags- und Nachtperiode als Ausdruck konstanter Kurventieflage kein signifikanter Unterschied bestand.

Tab. VII erlaubt auch einen Vergleich der Werteverteilung zwischen den einzelnen Altersgruppen. Betrachtet man die Vergleichsberechnungen im Überblick, so finden sich signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen fast ausschließlich im Verhältnis zu Gruppe VI. Da diese Altersstufe starke Kurvenausschläge im Tagesgang des el. HW aufwies, unterscheiden sich auch die Werteverhältnisse der Altersgruppen V und VII im Vergleich zu denen der Gruppe VI in "sehr signifikanter" Weise. Nur in Tagesabschnitt I ist der Unterschied zwischen Gruppe V und VI "wahrscheinlich signifikant".

Für die Entwicklung der tagesperiodischen Veränderungen in den einzelnen Altersstufen ist der Vergleich von Gruppe I und II von Bedeutung. Tagesabschnitt II und III unterscheiden sich "wahrscheinlich signifikant" bzw. "signifikant". Das stärkere Absinken der HW-Werte am Nachmittag und in der Nacht ab der Altersgruppe II liegt also außerhalb der statistischen Fehlerbreite.

Die häufigen Werte unter dem Tagesmittel während der Nachtperiode in Gruppe III hatten im Vergleich zum selben Tagesabschnitt in Gruppe IV eine signifikante Differenz zur Folge. Entscheidend ist jedoch, daß in beiden Altersgruppen die Werte unter dem Tagesmittel in der Mehrzahl waren.

"Wahrscheinlich signifikant" ist noch der Unterschied zwischen Gruppe VII und VIII in der Nachmittagsperiode, da in Gruppe VII im Gegensatz zu Gruppe VIII ein geringer Nachmittagsgipfel nachzuweisen war.

LIBRARY OF THE

In allen anderen Fällen folgt die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel der gleichen Grundgesetzlichkeit. Ein statistisch sicherer Unterschied besteht nicht.

Der Tagesgang des el. HW vollzieht sich also innerhalb dieser weitgefaßten Tagesabschnitte in den einzelnen Altersgruppen mit großer Übereinstimmung. In der 1. Lebenswoche besteht noch eine monophasische Tagesperiodik mit signifikantem Überwiegen von Werten unter dem Tagesmittel während der Nacht. Ab der 2. - 4. Lebenswoche zeichnet sich nach den statistischen Berechnungen ein gesetzmäßiger mehrphasischer Tagesrhythmus ab, der sich bis zu den Schulkindern verfolgen läßt: das Tagesmittel wird nicht nur in der Nachtperiode, sondern schon am Nachmittag meistens in signifikanter Weise unterschritten. Am Vormittag ist die allgemein nachweisbare Tendenz zur Niveauüberschreitung zunächst nur im Verhältnis zu den Nachmittagswerten statistisch zu sichern, ab dem 4. Lebensjahr aber als eine sehr signifikante Gipfelbildung charakterisiert. Feinere Entwicklungsvorgänge innerhalb dieser Zeitabschnitte, wie sie in den graphischen Darstellungen nach den Mittelwertsberechnungen zu erkennen waren, können statistisch nicht verifiziert werden.

4. Weitere Einflüsse auf den el. HW nach eigenen Untersuchungen

a) Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit

Unter der großen Zahl exogener und endogener Faktoren, die, wie in der Literaturübersicht dargelegt wurde, einen Einfluß auf die absolute Größe des el. HW ausüben und auch seine Veränderungen während einer 24-Stunden-Periode bestimmen, spielen neben der Tagesperiodik insbesonders klimatische Verhältnisse eine Rolle. Wir versuchten, ihre Beziehung zum el. HW genauer zu analysieren.

Wir gingen dabei so vor, daß wir zunächst aus sämtlichen an einem Untersuchungstag gewonnenen absoluten HW-Werten das arithmetische Mittel zogen und auf diese Weise die interindividuellen und tageszeitlichen Unterschiede der HW-Größen ausschalteten. Aus der Summe aller Tagesmittelwerte bestimmten wir wieder das Mittel, setzten es = 100 % und berechneten für jeden einzelnen Tag die prozentualen Schwankungswerte um dieses

Mittel. Damit glaubten wir, die HW-Werte des ganzen Beobachtungszeitraumes - soweit gleichzeitig die Temperatur aufgeschrieben wurde - im Zusammenhang miteinander vergleichen zu können, obwohl zwischen den Untersuchungstagen zum Teil längere beobachtungsfreie Intervalle lagen und die Einzelwerte sich von Kindern der verschiedensten Altersgruppen zusammensetzten.

Als Index für die klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsraum wählten wir in Anlehnung an AUE u. BECKER (5) sowie RUTENFRANZ u. WENZEL (142) die sog. Äquivalenttemperatur (ÄT), bei der neben der wahren Lufttemperatur auch diejenige Wärmemenge berücksichtigt wird, die latent im Wasserdampf dieser Luftmasse enthalten ist (vgl. S. 18 und WESTPHAL (168)). Wir berechneten sie aus den arithmetischen Tagesmitteln der zweistündlich abgelesenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerten nach der Formel [1]

ÄT = Lufttemperatur in ^{o}C. + 2 x Dampfdruck in mm

(ÄT = T + 2 x e)

Für die Umrechnung der bei einer bestimmten Lufttemperatur gegebenen Luftfeuchtigkeit in ihren jeweiligen Dampfdruck bedienten wir uns der "Spannungstafel für gesättigten Wasserdampf" im Leitfaden der Meteorologie von SÜRING (157).

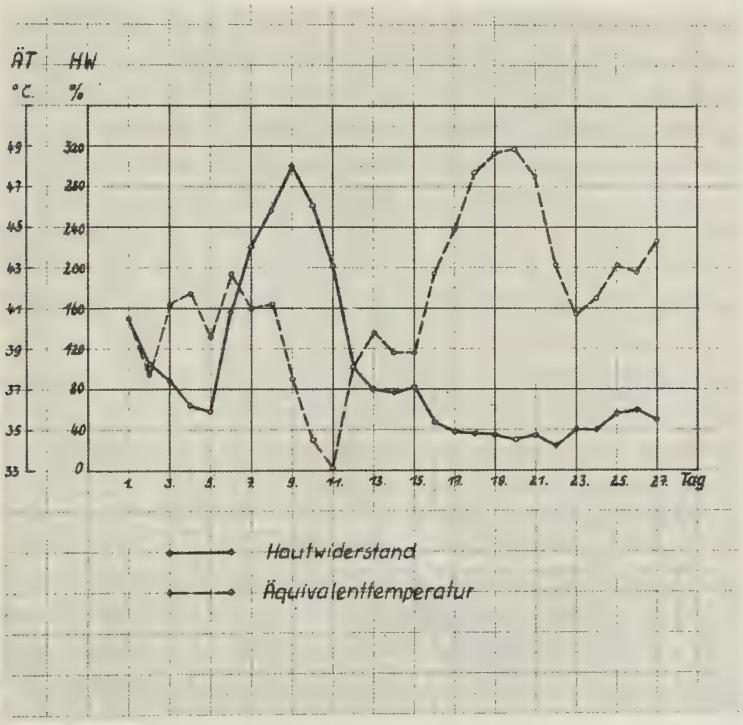
Die auf diese Weise für jeden Tag erhaltenen mittleren ÄT-Werte sowie die prozentualen Schwankungen des mittleren Tages-HW um das AM des Beobachtungszeitraumes haben wir in Abb. 11 einander gegenübergestellt. Wie in der Abb. zu erkennen ist, verlaufen die Kurven in ihren Extremwerten nahezu entgegengesetzt. An Tagen mit hoher Äquivalenttemperatur ist der HW relativ niedrig, unter kälteren klimatischen Verhältnissen verhält er sich umgekehrt. Um diese reziproke Beziehung auch statistisch zu sichern, ermittelten wir nach dem Rechnungsschema für "Korrelationsberechnungen bei einer zweiparametrigen Häufigkeitsverteilung" (GEBELEIN u. HEITE (49) vgl. S. 53) den Korrelationskoeffizienten und erhielten dafür einen Wert von r = - 0,617. Diese negative Korrelation gilt bei den vorhandenen Freiheitsgraden nach KOLLER (90) als gesichert.

---

1) s. "Handwörterbuch d. Meteorologie" hrsg. v. KEIL (84)

Abb. 11

Mittlere Tages-Äquivalenttemperatur (ÄT) an den verschiedenen Untersuchungstagen und prozentuale Schwankungen des mittleren Tages-Hautwiderstandes (HW) um das arithmetische Mittel des Beobachtungszeitraumes



Nach diesem Ergebnis kann in Übereinstimmung mit RUTENFRANZ u. WENZEL (142) gesagt werden, daß die Umgebungstemperatur einen bestimmenden Einfluß auf die Größe des el. HW ausübt. Eine in allen Fällen einheitliche Abhängigkeit des el. HW von der ÄT läßt sich jedoch nicht ableiten. Es wird deshalb zu diskutieren sein, inwieweit auch für die tageszeitlichen Schwankungen des el. HW klimatische Faktoren verantwortlich zu machen sind.

b) Schlaf und Schlaftiefe

Neben der Beziehung des el. HW zu den Klimaverhältnissen im Beobachtungsraum versuchten wir ferner, seine Veränderung im Schlaf einer genaueren Klärung zu unterziehen. Da es sich bei Schlaf selbst um ein rhythmisches Phänomen handelt, erhebt sich die Frage, ob die Schwankungen des el. HW und die Schlaf-Wach-Verteilung während des Tages zwei getrennt verlaufende Rhythmen darstellen oder ob ein kausaler Zusammenhang zwischen beiden etwa insofern besteht, als die veränderte Reaktionslage des Organismus im Schlaf sich indirekt auch auf den el. HW auswirkt.

Wir haben deshalb gleichzeitig mit der Messung des el. HW auch die Schlaf-Wach-Verteilung in den einzelnen Altersgruppen verfolgt und stichprobenartig für jede ungerade Tagesstunde die prozentuale Häufigkeit der wach angetroffenen Kinder berechnet und in Abb. 12 in Form von schraffierten Säulen aufgezeichnet.

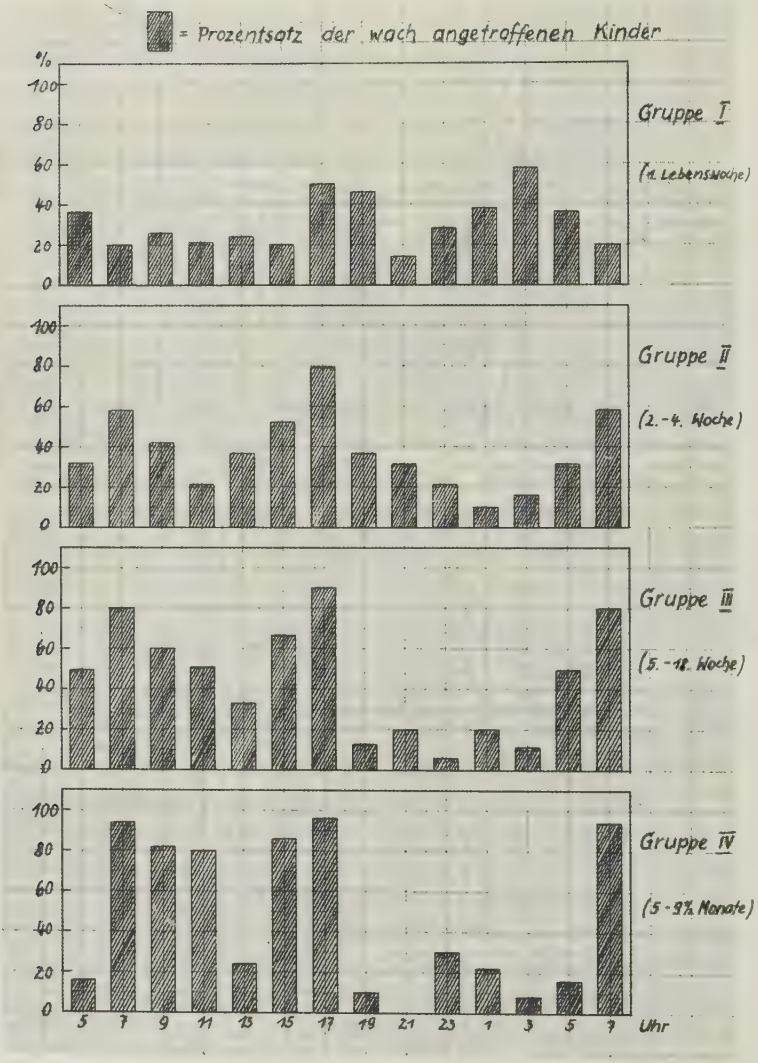
Die Ergebnisse dieser Schlaf-Wach-Beobachtungen wurden zusammen mit entsprechenden Untersuchungsbefunden von LANGE (96) SEIDL (148) und OBERHOFF (109) in der Monographie von HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ über "Schlafen und Wachen in der kindlichen Entwicklung" (70) verwertet. Unsere Einteilung der kindlichen Altersstufen entspricht in den jüngeren Jahrgängen weitgehend der Gruppierung in der vorgenannten Veröffentlichung. Die zusätzlich zu unserem Beobachtungsgut in den einzelnen Gruppen verarbeiteten Ergebnisse wurden größtenteils unter denselben Bedingungen an den gleichen Häusern gewonnen, die in Abb. 12 bei Gruppe I - VI dargestellten Befunde stimmen deshalb mit den entsprechenden Resultaten von HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ (70) nahezu gleichlautend überein. Wir haben deshalb auf die statistische Sicherung der am eigenen Kollektiv erhaltenen Ergebnisse verzichtet und dürfen auf die Be-

rechnungen von HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ verweisen. Danach ließen sich - kurz zusammengefaßt - folgende Gesetzmäßigkeiten in den verschiedenen Altersstufen erkennen: In der 1. Lebenswoche fehlte eine Tag-Nacht-Rhythmik von Schlafen und Wachen. In der 2. - 4. Lebenswoche war um 7^h und 17^h eine vermehrte Wachbereitschaft zu beobachten, die sich in den folgenden Altersgruppen noch deutlicher ausprägte. Ab der Altersgruppe III (5 - 18 Wochen) findet sich als statistisch gesicherte tagesperiodische Gliederung ein Überwiegen der Wachbeobachtungen am Tag zwischen 5^h und 17^h und eine Häufung der schlafend angetroffenen Kinder in den Nachtstunden zwischen 19^h und 5^h, ferner war auch die Zeit um 13^h durch eine erhöhte Schlafbereitschaft gekennzeichnet. Diese charakteristischen Merkmale ließen sich bis zum Ende des 2. Lebensjahres verfolgen (bis einschließlich Gruppe VI nach unserer, bzw. bis einschließlich Gruppe V nach der Einteilung von HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ). Bei den älteren Kleinkindern und im Schulalter (unsere Gruppe VII und VIII bzw. Gruppe VI - VIII bei HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ) erstreckten sich die Wachbeobachtungen bis einschließlich 19^h. Das mittägliche Schlafbedürfnis, das bei HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTENFRANZ in diesen Altersstufen um 13^h bzw. 14^h noch deutlich nachzuweisen war, konnten wir bei unseren, in der Orthopädischen Klinik beobachteten Kindern nur schwach (Gruppe VII) bzw. nicht mehr (Gruppe VIII) erkennen.

Vergleichen wir die tageszeitlichen Veränderungen der Schlaf-Wach-Verteilung (Abb. 12) mit denen des el. HW in den einzelnen Altersstufen (Abb. 1 - 8), so fällt auf, daß dem hohen HW-Kurven-Niveau am Vormittag eine ab der III. Altersgruppe signifikant vermehrte Wachbereitschaft entspricht und daß der Abfall des HW von 19^h (Gruppe II - VI) bzw. 21^h (Gruppe VII u. VIII) an einem tiefen Absinken der Wachbeobachtungen parallel geht. Ferner ist in der 2. Nachthälfte sowohl beim HW eine ansteigende Tendenz als auch bei der Schlaf-Wach-Verteilung eine Zunahme des Wachens zu erkennen. Die gehäuften Wachbeobachtungen am Nachmittag und die mittägliche Schlafzeit um 13^h lassen dagegen eine einheitliche Parallelbewegung der HW-Kurven vermissen. Während in Gruppe III beim HW eine Talbildung vorherrscht, ist bei Gruppe IV - VI um diese Zeit ein Gipfel nachzuweisen. Der HW verhält sich also hier während des Mittagsschlafes umgekehrt wie während des ersten Nachtschlafes. Eine Übereinstimmung der beiden rhythmischen Phänomene besteht somit nur in der Vormittags- und

Abb. 12

Prozentuale Verteilung von Schlafen und Wachen
in den einzelnen Altersgruppen



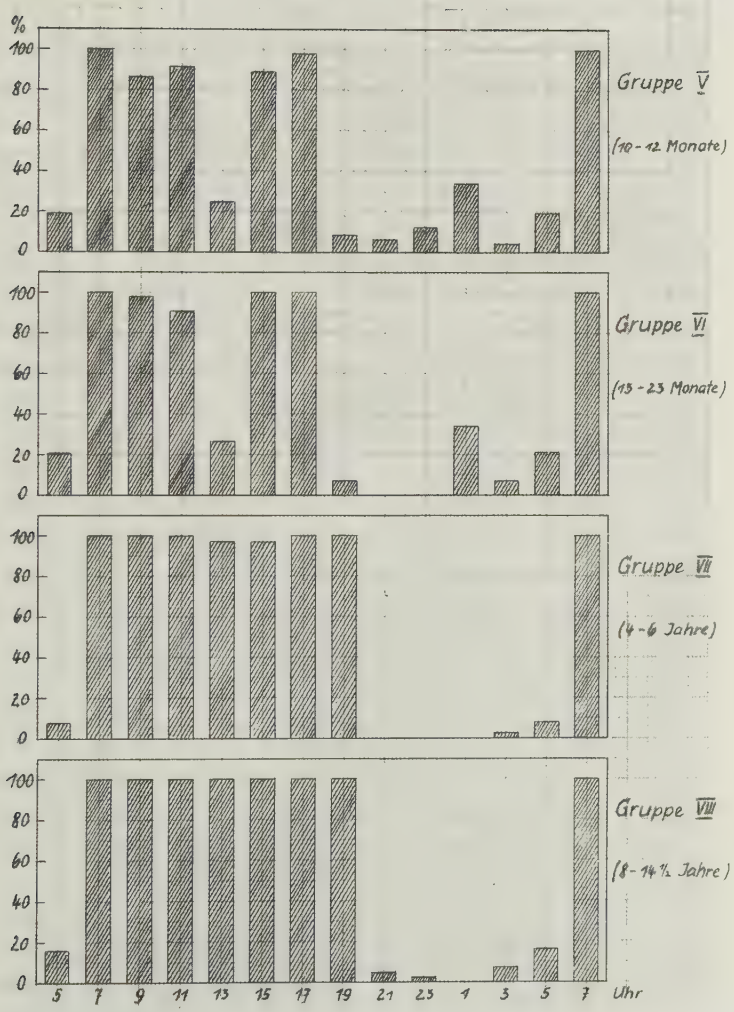
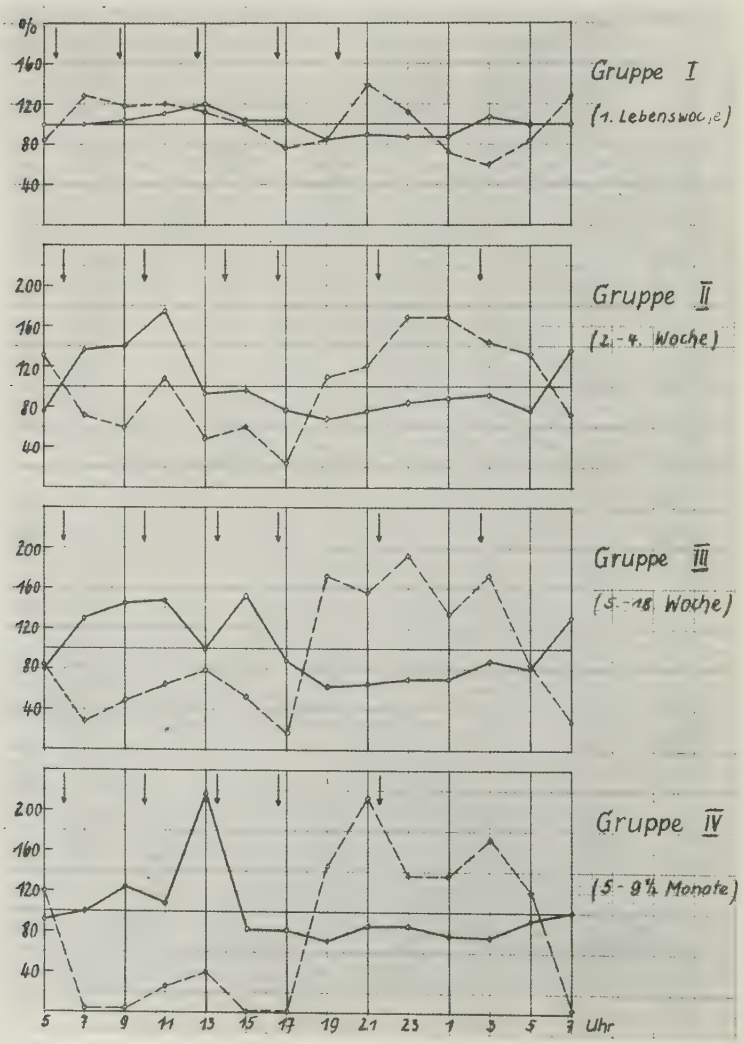
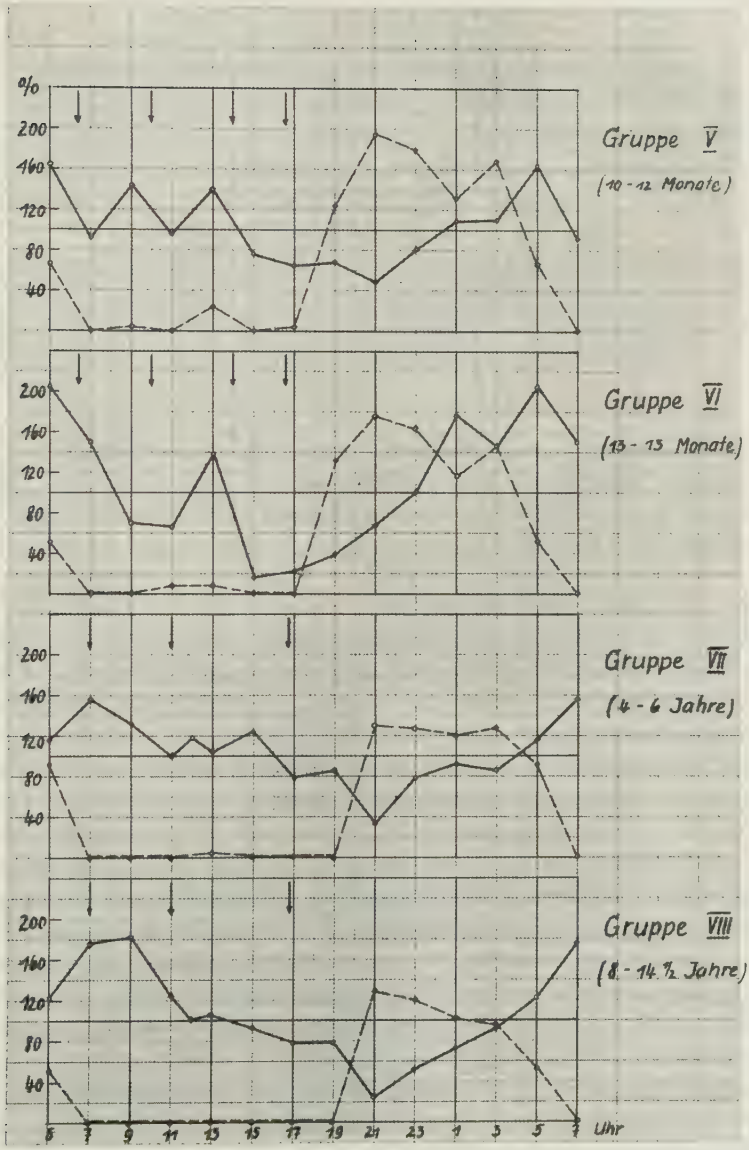

%
100
80
60
40
20
0
Gruppe V
(10 - 12 Monate)
Gruppe VI
(13 - 23 Monate)
Gruppe VII
(4 - 6 Jahre)
Gruppe VIII
(8 - 14½ Jahre)
5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 1 3 5 7 Uhr

Abb. 13

Prozentuale Schwankungen des el. HW (○———○) und der tief schlafenden Kinder (○– – –○) und das jeweilige Tagesmittel und Mahlzeitenverteilung (↓) in den einzelnen Altersgruppen




%
200
160
120
80
40
Gruppe V
(10 - 12 Monate)
Gruppe VI
(13 - 15 Monate)
Gruppe VII
(4 - 6 Jahre)
Gruppe VIII
(8 - 14½ Jahre)
5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 1 3 5 7 Uhr

Nachtperiode, wobei für die Schlaf-Wach-Verteilung die tageszeitlichen Unterschiede erst ab der Altersgruppe III, für den el. HW dagegen schon von der Altersgruppe I an statistisch signifikant sind.

Um das unterschiedliche Verhalten des el. HW während des Schlafes am Tag und dem bei Nacht näher zu klären, setzten wir den el. HW in Beziehung zur Schlaftiefe. Wir gingen dabei von der Vorstellung aus, die HESS (73) über die periodische Umstellung des vegetativen Nervensystems von der "ergotropen" Phase des Wachens in die "trophotrope" Phase des Schlafes angab. Wie schon im Literaturteil dargelegt wurde, ist die trophotrope Schlafphase nach HESS durch einen Parasympathicotonus bestimmt, und es wäre danach im Hinblick auf die parasympathische Innervation der Schweißdrüsen ein umso größeres Absinken des el. HW zu erwarten, je mehr der Parasympathicus vorherrscht bzw. je tiefer der Schlaf ist.

Für die Bestimmung der Schlaftiefe registrierten wir, wie schon auf S. 52 beschrieben, den Schlaf- oder Wachzustand des Kindes nicht nur vor, sondern auch nach der Messung. Da der exogene Reiz beim Aufsetzen der Elektroden bei allen Kindern und zu jeder Stunde immer der gleiche war, glaubten wir, in der Reaktion des Kindes darauf, d.h., ob es dabei wach wurde oder unbeeinflußt weiterschlief, einen mehr oberflächlichen von einem tiefen Schlaf unterscheiden zu können. Zu unseren Berechnungen stellen wir für jede Stunde die Anzahl der tief schlafenden Kinder zusammen, zogen aus der Summe aller Stundenwerte das arithmetische Tagesmittel und bestimmten zu jeder Stunde die prozentuale Schwankung um diesen Mittelwert. In Abb. 13 sind die Werte zusammen mit dem Tagesgang des el. HW in jeder Altersgruppe gesondert aufgezeichnet.

Wie ein Überblick über die Abbildung zeigt, weist die Kurve der tief schlafenden Kinder die höchsten Werte meist um 19^h bzw. 21^h auf, also etwa 1 - 2 Stunden, nachdem der größte Teil der Kinder eingeschlafen war. Gegen Morgen zu sinkt die Schlaftiefe ab. Der el. HW verläuft entgegengesetzt: nach dem Einschlafen beginnt ein vermehrter Abfall, während in der 2. Nachthälfte eine ansteigende Tendenz zu beobachten ist. Bemerkenswert ist der Verlauf der "Schlaftiefenkurve" am Tag. Entsprechend der Zunahme der Wachbeobachtungen mit steigendem Lebensalter sinkt auch der Prozentsatz der tief schlafenden Kinder von Gruppe zu Gruppe immer weiter unter das Tagesmittel. Die bis in die Altersgruppe VI

sehr stark ausgeprägte Schlafbereitschaft zur Mittagszeit findet dagegen keinen entsprechenden Niederschlag auf die Schlaftiefe. Während z.B. in Gruppe IV um 13^h ungefähr genau so viel Kinder schliefen wie um 23^h oder 1^h, so wurden um 13^h doch ungleich mehr Kinder wach als in der Nacht. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Gruppe V und VI. Auch in Gruppe III, wo um 13^h eine HW-Senke mit einer gleichzeitigen Zunahme der Schlaftiefe zu erkennen ist, besteht zwischen den Schlafbeobachtungen am Tag und der Schlaftiefe ein vollkommen geändertes Verhältnis als in der Nacht.

Für den el.HW können wir nach diesen Überlegungen folgendes schließen. Je größer die Schlaftiefe, desto niedriger der HW. Der Schlaf am Tag, bes. zur Mittagszeit, ist viel flacher als während der Nacht und zeigt deshalb keine Auswirkung auf den el.HW. Die Tatsache, daß in mehreren Altersgruppen um die Zeit des Mittagschlafes sogar ein Gipfel vorherrscht, spricht dafür, daß zwar eine Beziehung des el.HW zur monophasischen Tag-Nacht-Rhythmik von Schlafen und Wachen besteht, daß aber am Tag die periodischen HW-Schwankungen nach einem eigenen Rhythmus vor sich gehen.

c) Mahlzeiten

Im Hinblick auf die große Bedeutung, die im kindlichen Lebensrhythmus den Fütterungszeiten beizumessen ist, liegt der Gedanke nahe, daß auch der el.HW von der Nahrungsaufnahme beeinflußt wird. Ein Einfluß der Mahlzeiten auf den el.HW wurde vor allem von REGELSBERGER (123) angenommen. Nach seiner Theorie sollen rhythmische Schwankungen des el. HW schon ab dem 3. Lebensmonat auf Grund bedingter bzw. unbedingter Nahrungsreflexe nach Pawlow in der Weise zustande kommen, daß im Anschluß an die Mahlzeiten bzw. auch nur zu den gewohnten Zeiten ohne Nahrungsaufnahme sich die Leitfähigkeit der Haut sprunghaft erhöht. In Abb. 13 haben wir für jede Altersgruppe die Fütterungszeiten mit Pfeilen gekennzeichnet. Durchmustern wir die verschiedenen HW-Kurven unter Berücksichtigung der Nahrungszeiten, so läßt sich weder bei den Säuglingen noch bei den älteren Kindern eine einheitliche Mahlzeitreaktion erkennen. Die 11^h-Messung, die im Säuglingsheim nach der zwischen 10^h und 10^{30} eingenommenen Hauptmahlzeit erfolgte, ergab z.B. in Gruppe II einen höheren, in Gruppe III einen nahezu unveränderten, in Gruppe IV und V einen niedrigeren HW-Wert als die vorausgehende Messung. Ähnlich war

die Reaktion vor der 1. Morgenfütterung. Bei den Kindern in der Orthopädischen Klinik zeigte die nach dem Mittagessen vorgenommene Zwischenmessung um 12^h bei Gruppe VII einen kurzen Anstieg, bei Gruppe VIII ein weiteres Absinken der HW-Kurve. Die in allen Gruppen nachzuweisende HW-Erniedrigung im Anschluß an die Abendmahlzeit um 16^{30} bzw. 17^h möchten wir nicht als Reaktion auf die Nahrungsaufnahme, sondern als Ausdruck einer tagesrhythmisch bedingten Niveauveränderung deuten. Für diese Annahme spricht auch der weitere Kurvenverlauf, der durch die nächtlichen Fütterungen überall vollkommen unbeeinflußt bleibt. Wie schon früher betont, wird eine Abnahme des HW nach den Mahlzeiten durch das sog. "gustatorische Schwitzen" verständlich, darüberhinaus halten wir aber nach unseren Ergebnissen einen Einfluß der Mahlzeit auf den HW, besonders im Sinne REGELSBERGERs nicht gegeben.

C BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Über den Beginn von tagesperiodischen Veränderungen des el. HW im Kindesalter stehen sich in der Literatur 2 Anschauungen gegenüber. Während REGELSBERGER (124) und DIECKMANN (35) schon beim Neugeborenen eine ausgeprägte Tagesrhythmik feststellten, beobachtete PRILL (115) in der gleichen Altersstufe keine tagesperiodischen Schwankungen der Leitfähigkeit der Haut. Nach unseren eigenen Ergebnissen besteht bei den Neugeborenen ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen höheren HW-Werten am Tag und niedrigeren bei Nacht, sodaß wir also wie REGELSBERGER (124) und DIECKMANN (35) schon unmittelbar nach der Geburt eine tagesperiodische Gliederung des HW-Niveaus vorliegen finden. Nicht bestätigen können wir jedoch die Form der von REGELSBERGER und DIECKMANN beschriebenen Neugeborenen-Rhythmik. Im Gegensatz zu den genannten Autoren, nach denen ein Tagesgang mit hohen Kurvenausschlägen wie bei den Erwachsenen vorhanden sein soll, konnten wir nur eine Tagesrhythmik einfachster Art, einen monophasischen Wechsel zwischen einem Überschreiten des Tagesmittels am Tag und einem Unterschreiten bei Nacht nachweisen. In dieser Hinsicht lassen sich unsere Ergebnisse eher mit den Befunden von PRILL (115) vergleichen, der in der Zeit zwischen 8^h und 20^h bei Neugeborenen ein tiefes, rhythmusleeres EDG-Niveau registrierte.

Diese Verhältnisse fand PRILL auch bei Säuglingen bis einschließlich der 3. Lebenswoche vor. Seine Messungen umfassen damit auch einen Altersbereich, den wir in Gruppe II gesondert untersuchten. In dieser Altersstufe stimmen nun unsere Resultate nicht mehr mit denen von PRILL überein: auch innerhalb der Tagperiode zeichnet sich bei uns ein signifikanter Unterschied zwischen einem höheren Vormittagsniveau und einem niedrigeren Nachmittagsniveau des el. HW ab.

Für unsere Ergebnisse bei den 5 - 18 Wochen alten Kindern (Gruppe III) bieten sich Vergleichsmöglichkeiten mit Befunden, die von REGELSBERGER (124) und DIECKMANN (35) an 3 Monate alten Säuglingen, jedoch nur während des Tages, erhoben wurden. Eine Gegenüberstellung unserer Kurve mit denen von REGELSBERGER und DIECKMANN läßt nun wenig Beziehungspunkte erkennen. Sprunghafte Kurvenausschläge, wie sie REGELSBERGER

und DIECKMANN erhielten und in dieser Altersstufe schon als Ausdruck selbständig gebildeter bedingter und unbedingter Nahrungsreflexe deuteten, konnten wir nicht beobachten. Die statistische Prüfung unseres Wertever-hältnisses während der Vormittags- und Nachmittagsperiode ergab dafür einen mehr langwelligen Kurvenablauf des el. HW. Auch wenn man die Vorstellung REGELSBERGERs (124) und DIECKMANNs (35) berücksichtigt, daß etwa am Morgen oder Abend "reelle Nahrungsreize" keine oder eine verspätete Reaktion zeigen, können wir nach unserem Kurvenbild eine Beziehung des el. HW zu den Mahlzeiten nicht ableiten.

Für das HW-Verhalten, wie wir es in den kindlichen Entwicklungsstufen vom 5. Monat bis zum 2. Jahr (Gruppe IV - VI) aufzeigen konnten, liegen im Schrifttum keine vergleichbaren Erhebungen vor, ebenso sind uns keine entsprechenden HW-Untersuchungen bei Frühgeborenen bekannt.

Erst für die Gruppen der älteren Klein- und Schulkinder (Gruppe VII und VIII) finden sich Angaben bei STOLLBERG (151), die zu unseren Messungen in Beziehung gesetzt werden können. In seiner "Normal-Tageskurve" des EDG entspricht die Gipfelbildung um 11^h der HW-Senke zur gleichen Zeit in unserem Beobachtungsgut, im übrigen zeigt aber das Kurvenbild STOLLBERGs einen anderen Charakter als das unsere. Dafür stimmt das Nacht-EDG von STOLLBERG mit dem von uns ermittelten nächtlichen HW-Verlauf weitgehend überein: Das Maximum der Leitfähigkeit um 22^h und das anschließende Absinken zum Morgen hin ist mit dem HW-Minimum um 21^h und dem folgenden HW-Anstieg in unseren Kurven nahezu identisch. Übereinstimmung mit STOLLBERG besteht ferner in der Frage der Mahlzeitabhängigkeit des el. HW. Wie wir konnte auch STOLLBERG keine Beziehung der rhythmischen EDG-Ausschläge zur Nahrungsaufnahme feststellen.

Von großer Bedeutung ist der Vergleich unserer Tageskurven der 4 - 6 bzw. 8 - 14-Jährigen (Gruppe VII und VIII) mit den von NIGGESCHMIDT (107) sowie RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE u. NIGGESCHMIDT (141) beschriebenen Ergebnissen. Der von NIGGESCHMIDT mit der gleichen, wie von uns angewandten Methodik gefundene Tagesgang des el. HW bei 10 - 11 jährigen Kindern verläuft mit überraschender Parallelität zu unseren Mittelwertskurven. Lediglich die Nachmittagserhebung, die auch bei NIGGESCHMIDT nur noch schwach angedeutet war, konnten wir bei unseren, der Altersstufe NIGGESCHMIDTs entsprechenden Kindern nicht

nachweisen, sie tritt dafür aber in der Gruppe der 4 - 6-Jährigen deutlich in Erscheinung. In allen anderen Einzelheiten decken sich unsere Kurven mit der von NIGGESCHMIDT angegebenen: Vormittagsgipfel, HW-Senke zur Mittagszeit, Abfall am Abend gegen 17^h bzw. 18^h, Minimum um 21^h bzw. 22^h etwa 1 - 2 Stunden nach dem Einschlafen, HW-Anstieg in der 2. Nachthälfte. Hält man sich vor Augen, daß die Messungen unabhängig voneinander in 2 verschiedenen Häusern unter andersartigen Bedingungen vorgenommen wurden - es sei nur hervorgehoben, daß unsere Kinder in der Orthopädischen Klinik größtenteils ständig im Bett lagen und die im Waisenhaus von NIGGESCHMIDT untersuchten Buben und Mädchen in die Schule gingen, spielten, Hausaufgaben machten usw. - so kann der kongruente Kurvenverlauf als Bestätigung dafür angesehen werden, daß es sich bei den beobachteten HW-Schwankungen um allgemeingültige, gesetzmäßige Veränderungen in dieser Altersstufe handelt.

Aufschlußreich ist ferner eine Gegenüberstellung des Tagesgangs des el. HW im Kindesalter mit entsprechenden Verhältnissen bei Erwachsenen, wobei insbesonders Untersuchungen von RUTENFRANZ (138) zu nennen sind. Die Erwachsenenkurve von RUTENFRANZ zeigt ebenfalls einen nahezu gleichsinnigen, jedoch um 1 - 2 Stunden nach rechts verschobenen Verlauf. Der Vormittagsgipfel trat um 10^h, die Mittagsenke um 13^h, das nächtliche Minimum erst um 24^h auf. Ein 2. Gipfel war bei RUTENFRANZ gegen 18^h ausgeprägt. Obwohl diese Nachmittagserhebung in unseren Ergebnissen und bei NIGGESCHMIDT in unterschiedlicher Weise zur Ausbildung kommt, so läßt sich aus den Kurven doch erkennen, daß die tagesrhythmischen Schwankungen des el. HW im Kleinkindes- und Schulalter der gleichen Grundgesetzlichkeit gehorchen wie die der Erwachsenen. Diese Anschauung findet eine Stütze in weiteren Angaben im Schrifttum: Wie wir bei Kindern, beobachteten auch WALLER (165), RICHTER (133), MEISSNER (102), RAUCH (118) und GERNAND (50) bei Erwachsenen ein hohes HW-Niveau am Vormittag und ein niederes am Nachmittag und Abend. WALLER (165) und KELLER (87) beschrieben eine Mittagssenke, und REGELSBERGER (123, 124) sowie NESSWETHA (106) wie wir einen niedrigen HW bei Nacht.

Diese übereinstimmend bei Kleinkindern, Schulkindern und Erwachsenen gefundenen tagesperiodischen Merkmale des el. HW entsprechen aber auch genau den HW-Veränderungen, die wir bei der statistischen Überprüfung unserer Ergebnisse als gesicherte tagesperiodische Gesetzmäßigkeit schon ab der 2. Lebenswoche nachweisen konnten. Es ergibt sich damit als be-

merkenswerte Tatsache, daß nicht erst ab dem Kleinkindesalter (Gruppe VII), sondern schon ab der 2. Lebenswoche (Gruppe II) der kindliche HW-Verlauf im Prinzip den gleichen Grundrhythmus aufweist wie die Erwachsenenkurve.

Für die Ursache der Schwankungen des el. HW kommen nach unseren Ergebnissen mehrere Faktoren in Frage.

In Übereinstimmung mit REGELSBERGER (124), SCHAEFER (144), GILDEMEISTER (56), NESSWETHA (106), STOLLBERG (151), RUTENFRANZ (138), RICHTER (134) u. a. konnten auch wir bei den absoluten HW-Größen starke inter- und intraindividuelle Schwankungen feststellen. Auch scheint eine Beziehung der absoluten HW-Größe zum Lebensalter in der Weise zu bestehen, als der HW-Wert mit zunehmendem Alter größer wird. Wenn auch FRICKE (47) und GERSTNER (53) zu denselben Resultaten kamen, möchten wir diesem Befund doch deshalb keine große Bedeutung beimessen, da Aussagen über absolute HW-Angaben wegen der komplizierten Zusammenhänge zwischen der HW-Größe und Meßmethodik, wie in Kapitel I dargelegt wurde, nur bedingt möglich sind (vgl. GILDEMEISTER (56), REIN (129), SCHAEFER (144)).

Neben den individuellen und meßtechnischen Gegebenheiten halten wir nach den Erfahrungen in der Literatur und nach unseren eigenen Ergebnissen Änderungen in der Hautwasserabgabe als eine der Hauptursachen für die Veränderungen des el. HW.

Unsere Untersuchungen der klimatischen Verhältnisse im Beobachtungsraum haben gezeigt, daß bei steigender Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit der el. HW absank. Wir konnten damit die Befunde von AUE u. BECKER (5) sowie RUTENFRANZ u. WENZEL (142) bestätigen und schließen uns der Meinung von RUTENFRANZ u. WENZEL an, die in ihren Versuchen zeigen konnten, daß die veränderten Klimaverhältnisse eine Änderung der Wärmeregulation und damit der Hautwasserabgabe hervorrufen.

Für die Abhängigkeit des el. HW von einer wärmeregulatorisch bedingten Hautwasserabgabe sprechen auch unsere Ergebnisse bei den 13 - 23 Monate alten Kleinkindern. Wir haben für das abweichende Verhalten der Mittelwertskurve eine störende Beeinflussung der Tagesrhythmik durch vermehrte Haut-

wasserabgabe verantwortlich gemacht, die unseres Erachtens infolge der gesteigerten körperlichen Betätigung der Kinder dieser Altersstufe eintrat. Diesen Schluß zogen wir insbesonders im Hinblick auf die Tatsache, daß der HW am Nachmittag zu einem enormen Minimum absank, während zur gleichen Zeit die körperliche Aktivität ihr Maximum erreichte. Eine Bestätigung für diesen Zusammenhang zwischen el. HW und körperlicher Tätigkeit findet sich in der Literatur bei RICHTER (134), KELLER (86), STRAUSS (153), SAVIANO (143), BORNEMANN (21), STOLLBERG (151), GRÜNINGER, KLÜKEN u. MERKLE (61), BLANK u. FINESINGER (17), RUTENFRANZ u. WENZEL (142) u. a.

Einen 3. Gesichtspunkt, der nach unseren Ergebnissen für die Abhängigkeit des el. HW von der Hautwasserabgabe spricht, erblicken wir im tiefen Absinken des HW nach dem Einschlafen am Abend, das in allen Kurven aufgefallen war und mit Beobachtungen von RUTENFRANZ (138), NESSWETHA (106) und SCHUSTER (147) an Erwachsenen übereinstimmt. Es konnte nämlich KOSUGE (91) zeigen, daß nach Eintritt des Schlafes am Abend die Hautwasserabgabe sich erhöht und damit die HW-Erniedrigung ihre Erklärung findet.

Für die vermehrte Hautwasserabgabe, wie sie bisher beschrieben wurde, möchten wir in erster Linie eine gesteigerte Schweißdrüsentätigkeit verantwortlich machen und zur Begründung dieser Anschauung auf folgende Ergebnisse im Schrifttum hinweisen.

In physiologischen und pharmakologischen Untersuchungen von DALE (30), DALE u. FELDBERG (31), HESS (73), BRÜCKE (25), CHALMERS u. KEELE (27), RICHTER (134), NESSWETHA (106), STOLLBERG (151), RUTENFRANZ (139), BRUN (26), BRAUCH (22), GERNAND (50), KLEINSORGE u. STRAUBING (89) u. a. konnte nachgewiesen werden, daß die Schweißdrüsen von cholinergischen Nervenfasern versorgt und durch Parasympathicomimetica in ihrer Tätigkeit gesteigert und durch Parasympathicolytica gehemmt werden. Andererseits ist nach der Konzeption von HESS (73) über die Umschaltung des vegetativen Nervensystems vom ergotropen Wachzustand in den trophotropen Schlafzustand diese Schlafphase von einem Parasympathicotonus beherrscht. Die vermehrte Hautwasserabgabe nach dem Einschlafen kann also auf einen vermehrten Innervationszustand der Schweißdrüsen zurückgeführt werden.

Für den dominierenden Anteil der Schweißdrüsentätigkeit bei der Hautwasserabgabe sprechen auch die Beobachtungen des el. HW bei künstlichen Fieberversuchen bzw. im Fieber (FORELL (44), RAUCH (118), GERNAND (50), NESSWETHA (106)), ferner verschiedene Klimauntersuchungen (WAGNER (163), NESSWETHA (106), RICHTER (134), RUTENFRANZ u. WENZEL (142), AUE u. BECKER (5)) und zahlreiche klinische Beobachtungen, von denen nur an MINOR (104), JASPER (78), RICHTER u. MALONE (136), BROWN u. BRUESCH (24), JASPER u. ROBB (79), ESPADALER MEDINA (43), BAIRD, STANTON u. SPIEGEL (7) erinnert werden soll.

Wir können also zusammenfassend als wichtigste Ursache für Schwankungen des el. HW eine Veränderung der Hautwasserabgabe durch die Schweißdrüsen annehmen, die entweder als Ausdruck wärmeregulatorischer Vorgänge infolge veränderter exogener Voraussetzungen einsetzt oder auf Grund einer endogenen physiologischen oder pathologischen vegetativen Umstellung erfolgt.

Nicht bestätigen konnten wir in unseren Untersuchungen die sprunghaften Leitwertveränderungen, wie sie REGELSBERGER (124) und DIECKMANN (35) im Anschluß an die Mahlzeiten antrafen und die REGELSBERGER (124) als reflektorische Veränderungen der Perspiratio insensibilis der Epithelzellen deutete.

Trotz der deutlichen und starken Beeinflußbarkeit des el. HW durch exogene Faktoren ließen sich von der Geburt bis zu den Erwachsenen unter den jeweils verschiedensten Untersuchungsbedingungen die schon beschriebenen tagesperiodischen Veränderungen nachweisen, deren Ursache wir in der Gesetzmäßigkeit einer endogenen Tagesrhythmik erblicken. Zur Frage nach der Entstehung und Entwicklung dieser Tagesperiodik des el. HW seien im Folgenden einige Gedanken dargelegt.

Auf Grund der einschneidenden Veränderungen des el. HW mit dem Eintritt des Schlafes könnte angenommen werden, daß die rhythmischen HW-Schwankungen von der Schlaf-Wach-Rhythmik abhängen. Unsere Untersuchungen der Schlaf-Wach-Verteilung und der Beziehung des el. HW zur Schlaftiefe haben jedoch gezeigt, daß zwar beide Rhythmen einem monophasischen Wechsel zwischen Tag und Nacht unterliegen, das zeitliche Auftreten einer tagesrhythmischen Gliederung aber bei beiden verschieden ist und die Tagesrhythmik sich in beiden Funktionen unabhängig voneinander entwickelt. Zu demselben Ergebnis gelangten auch HELLBRÜGGE, LANGE u. RUTEN-

FRANZ (70) beim Vergleich der Schlaf-Wach-Rhythmik mit den tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz, und sie konnten ihre Ansicht auf entsprechende Befunde von JORES (82) und MENZEL (103) stützen.

Andererseits ist für die Deutung der tagesperiodischen Veränderungen, wie wir sie für den el. HW gefunden haben, auch der Vergleich mit den rhythmischen Schwankungen notwendig, die bei verschiedenen anderen Körperfunktionen nachgewiesen wurden. LANGE (96) hat die Tagesrhythmik der Pulsfrequenz in den einzelnen Altersstufen verfolgt, den Beginn einer tagesperiodischen Gliederung im 2. Lebensmonat gefunden und von da an eine ähnliche Weiterentwicklung wie beim el. HW beobachtet: Die Tagwerte wurden höher, die Nachtwerte tiefer. Im Schulalter war eine Mittagssenke zwischen einem Vormittags- und einem schwächeren Nachmittagsgipfel ausgeprägt. Bei Klein- und Schulkindern wurde diese zweigipflige Kurvenform auch von SCHIESSL (145) bei fortlaufenden Untersuchungen des Blutzuckers, von SEIDL (148) für den Tagesgang der Körpertemperatur und von OBERHOFF (109) bei der Registrierung des Blutdrucks vorgefunden. Diese tageszeitlichen Veränderungen physiologischer Körperfunktionen stimmen mit Schwankungen der geistigen Leistungsbereitschaft überein, wie HELLBRÜGGE u. RUTENFRANZ (68) in Rechenversuchen an 10-jährigen Oberschülern feststellen konnten. Dabei zeigte die Rechengeschwindigkeit am Vormittag gegen 10^h ein Maximum, in der Mittagszeit war sie niedrig, um gegen 17^h zu einem erneuten Gipfel anzusteigen und nach 20^h wieder abzusinken.

Die auffallende Übereinstimmung dieser verschiedenartigen Rhythmen bestätigen unsere Annahme von einer endogenen tagesperiodischen Regelung der vegetativen Funktionsabläufe. Auch die Schlaf-Wach-Verteilung zeigt im Kleinkindes- und Schulalter die gleiche Gesetzmäßigkeit wie die anderen Rhythmen, sodaß von dieser Altersstufe an für alle Funktionen eine einheitliche, gemeinsame Steuerung ausgebildet zu sein scheint. Als unmittelbare Ursache für tagesperiodische Veränderungen des el. HW sind dabei tagesperiodische Schwankungen der Wärmeregulation und der damit verbundenen Hautwasserabgabe anzusehen, so wie sie KOSUGE (91) mit der Zunahme der Hautwasserabgabe nach dem Einschlafen und HILDEBRANDT, ENGELBERTZ u. HILDEBRANDT-EVERS (74) insofern nachweisen konnten, als sie am Abend eine größere Bereitschaft zum Schwitzen vorfanden als morgens.

Aus der Tatsache, daß für den el. HW schon beim Neugeborenen eine tagesperiodische Gliederung vorhanden ist, möchten wir den Schluß ziehen, daß eine einfachste endogene Rhythmik in Form eines monophasischen Wechsels zwischen Tag und Nacht angeboren ist. Durch die Untersuchungen bei Frühgeborenen wird diese Anschauung bekräftigt: auch hier war schon ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Tag- und Nachtwerten ausgeprägt. Da in der Nachtperiode ein niederes HW-Niveau gefunden wurde, liegt der Gedanke nahe, daß der Wechsel vom Sympathicotonus bei Tag zum Parasympaticotonus bei Nacht, wie ihn HESS (73) für die vegetative Schaltung im menschlichen Organismus postulierte, als grundlegendes tagesperiodisches Merkmal sich schon intrauterin von der Mutter auf das Kind überträgt. Auch REGELSBERGER (124) denkt an eine intrauterine Übernahme der vegetativen Rhythmik, wir möchten uns aber von seiner Theorie über den Mechanismus dieser Übertragung distanzieren, zumal die von uns festgestellte Rhythmik beim Neugeborenen ein vollkommen anderes Gepräge zeigt als bei REGELSBERGER (124).

Den rhythmischen Wechsel zwischen ergotroper Tag- und trophotroper Nachtphase halten wir auch maßgebend für die Ausbildung der tagesrhythmischen Gliederung der Schlaf-Wach-Verteilung und der Pulsfrequenz, die sich während der Tagperiode in den unteren Altersstufen zwar unabhängig voneinander und vom el. HW entwickeln, jedoch als gemeinsames Merkmal wie der el. HW den Knotenpunkt ihrer Periodik kurz nach Beginn des Nachtschlafes aufweisen. Die Tatsache, daß dieser rhythmische Wechsel beim el. HW schon unmittelbar nach der Geburt, bei der Schlaf-Wach-Verteilung erst im Laufe der 2. und 3. Lebenswoche und bei der Pulsfrequenz im 2. Monat auftritt, möchten wir dahingehend deuten, daß der el. HW am empfindlichsten und raschesten auf eine vegetative Umstellung reagiert. Dazu soll noch erwähnt werden, daß der el. HW sich nicht nur auf Grund einer Zunahme der Schweißproduktion, sondern schon auf geringfügige Änderungen der Membraneigenschaften der Epithelzellen verändern kann, wie die Erörterung der elektrophysiologischen Grundlagen des el. HW (s. Kap. I) ergab.

Den weiteren Entwicklungsgang der Tagesperiodik des el. HW kann man sich nach ASCHOFF (3, 4) so vorstellen, daß der angeborene endogene Rhythmus sich unter dem Einfluß exogener Umwelteinflüsse im Sinne der "Zeitgeber" (ASCHOFF (3)) weiter ausbildet und vertieft, wobei auch wir dem Wechsel von Hell und Dunkel eine besondere Bedeutung beimessen möchten.

Über die Entwicklungsstufen von unterschiedlich ausgeprägten, statistisch nicht zu sichernden Gipfelbildungen innerhalb der Vormittagsperiode erreicht die Tagesrhythmik des el. HW im Kleinkindesalter die charakteristische "Bigeminusform" (ASCHOFF (4)) vegetativer Funktionsabläufe, die konform geht mit den Schwankungen der geistigen Leistungsbereitschaft. Gegenüber den Verhältnissen bei Erwachsenen ist die Tageskurve um 1 - 2 Stunden nach links verschoben, eine Erscheinung, die auch in den Ergebnissen von LANGE (96) und NIGGESCHMIDT (107) zu beobachten war und ebenfalls eine echte entwicklungsphysiologische Eigenheit darzustellen scheint.

Wir konnten feststellen, daß Schwankungen des el. HW in weitem Maße von exogenen Faktoren abhängen und daß Änderungen der Hautwasserabgabe auch rhythmische Gesetzmäßigkeiten verwischen können. Es konnte aber auch deutlich gemacht werden, daß bei Wahrung physiologischer Verhältnisse die Veränderungen des el. HW im Verlauf einer 24-Stunden-Periode der Steuerung einer endogenen Tagesrhythmik unterliegen.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer kurzen Darstellung der Physiologie des el. HW wurde an Hand des Schrifttums über die gebräuchlichsten Meßmethoden, die wichtigsten auf den el. HW einwirkenden Faktoren, seine tagesperiodischen Veränderungen bei Erwachsenen und im Kindesalter sowie seine klinischen Anwendungsmöglichkeiten berichtet. Als diagnostisches Hilfsmittel erwies sich der el. HW dabei nur in begrenzten Fragestellungen verwertbar.

Die eigenen Untersuchungen hatten zum Ziel, die physiologische Entwicklung tagesperiodischer Veränderungen des el. HW im Kindesalter herauszustellen und deren Abhängigkeit von exogenen und endogenen Faktoren zu prüfen.

Bei insgesamt 83 Kindern aller Altersstufen von der 1. Lebenswoche bis zum 14. Lebensjahr sowie bei Frühgeborenen wurden mit einem von RUTENFRANZ (138) angegebenen Gleichstromverfahren in zweistündlichen Messungen während des Tages und der Nacht im Ganzen 431 Tagesperioden des el. HW erstellt. Durch Mittelwertsberechnungen und deren statistischer Beurteilung konnte schon bei den Neugeborenen und Frühgeborenen der 1. Lebenswoche eine gesicherte tagesperiodische Gliederung des el. HW in Form eines monophasischen Wechsels zwischen höheren Werten am Tag und niedrigeren bei Nacht nachgewiesen werden. Ab der 2. Lebenswoche zeichnete sich ein Tagesrhythmus ab, der in seinen Grundzügen: hohes HW-Niveau am Vormittag, niederes am Nachmittag und Abend und tiefe Nachtsenke im Prinzip für alle folgenden Altersgruppen zutraf und auch die gleichen Gesetzmäßigkeiten aufwies wie die Tageskurve des el. HW bei Erwachsenen.

Die Gegenüberstellung der mittleren Tageshautwiderstände während des Beobachtungszeitraumes zu der Äquivalenttemperatur im Untersuchungszimmer ließ eine deutliche Beeinflussung des el. HW durch klimatische Verhältnisse erkennen, wobei wir die elektrophysiologische Ursache für die HW-Schwankungen in den exogen bedingten Veränderungen der Hautwasserabgabe erblickten. Für die Entstehung der tageszeitlichen Unterschiede des el. HW wurden ebenfalls Schwankungen der Hautwasserabgabe vermutet, die jedoch der Steuerung einer endogenen Tagesperiodik unterliegen.

Es wurde die Vorstellung entwickelt, daß eine rhythmische Umschaltung des vegetativen Nervensystems von der Ergotropie am Tag zur Trophotropie in der Nacht (HESS (73)) angeboren ist und durch die empfindliche Reaktion der elektrischen Leitereigenschaften der Haut früher erkannt werden kann als z. B. durch Beobachtung der Schlaf-Wach-Verteilung oder der Pulsfrequenz. Unter dem Einfluß exogener "Zeitgeber" vertieft und erweitert sich die endogen vorgegebene Tagesperiodik vegetativer Funktionen. Vom 4. Lebensjahr ab ist eine Koordinierung der Tagesverläufe des el. HW, der Schlaf-Wach-Verteilung sowie anderer in der Literatur beschriebenen Organrhythmen festzustellen, die mit den Schwankungen der physiologischen Leistungsbereitschaft übereinstimmen und gegenüber den Verhältnissen bei Erwachsenen um 1 - 2 Stunden im Tagesgang vorverlegt erscheinen.

LITERATURVERZEICHNIS

(1) AICHINGER, F. "Elektrodermatogramm und Temperaturmessungen an der Haut bei Anwendung hyperämisierender Mittel" Arzneimittelforschung 2, 361 (1952)

(2) ALBRECHT, H. "Die umschriebene Herabsetzung des Gleichstromwiderstandes der menschlichen Haut bei gynäkologischen Neurosen" Habilitationsschrift, Leipzig 1921

(3) ASCHOFF, J. "Zeitgeber der 24-Stunden-Periodik" Verhandl. d. IV. Konf. d. internat. Ges. f. biol. Rhythmusforschg. Stockholm 1955

(4) ASCHOFF, J. "Aktivitätsmuster der Tagesperiodik" Die Naturwissenschaften 44, 361 (1957)

(5) AUE, H. und BECKER, F. "Untersuchungen über den Einfluß des Wettergeschehens auf den el. HW" Ärztl. Forschg. 9, I, 280 (1955)

(6) AVELING, F. and McDOWALL, R. I. S. zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(7) BAIRD, H. W., STANTON, L. and SPIEGEL, A. "Segmental differences of skin potentials and of skin resistance induced by visceral pain" Am. J. Dis. Childr. 87, 607 (1954)

(8) BAITSCH, H. "Über Geschlechts- und Seitendifferenzen im Niveau-EDG" Confinia Neur. 14, 88 (1954)

(9) BAITSCH, H. "Der vegetative Grundtonus im Bilde des EDG bei Müttern und Kindern" Acta neuroveg. 8, 516 (1954)

(10) BAITSCH, H. "Über die Variabilität und Erblichkeit des akralen HW" Acta Gen. et stat. Med. 5, 72 (1954)

(11) BAITSCH, H. und BAUER, R. K. "Die Prüfung konstitutioneller und exogener Einflüsse auf das akrale EDG mit Hilfe der mehrfachen Varianzanalyse" Ärztl. Forschg. 9, 275 (1955)

(12) BAKER, L. M. and TAYLOR, W. M. "The relationship under stress between changes in skin temperature, electrical skin resistance and pulse rate", J. exp. Psychol. 48, 361 (1954)

(13) BARNETT, A. zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(14) BARNETT, A. "Sweating in Man from the Intradermal Injection of nor-Adrenaline" Nature (London) 167, 482 (1951)

(15) BECKER, J. "Die Haut des Kindes" Handbuch der Anatomie des Kindes Bd. 2, 221 f. München 1930

(16) BINGEL, A. "Über die Tagesperiodik Geisteskranker dargestellt am EDG" Z. Neur. 170, 404 (1940)

(17) BLANK, J. H. and FINESINGER, J. E. "Electrical Resistance of the Skin" Arch. of Neur. and Psych. 56, 544 (1946)

(18) BLOCK, W., BEIER, A. STEPHAN, H. J. und WANDEL, H. G. "Weitere Beobachtungen am vegetativen Nervensystem nach Eingriffen am sympathischen Partner" Acta neuroveg. 19, 74 (1959)

(19) BLOEDNER, C. D. "Das EDG im klinischen Verlauf der Lungentuberkulose" Med. Klinik 45, 1563 (1950)

(20) BOHNSTEDT, R. M. und SCHULZ-KLEE, G. "Untersuchungen über das Verhalten des Hautwiderstandes gegenüber Wechselstrom" Arch. Dermat. u. Syph. 196, 367 (1953)

(21) BORNEMANN, E. "Die methodische Verwendbarkeit der elektrischen Hautphänomene" Mediz. Welt 15, 1020 (1941)

(22) BRAUCH, F. "Über den Gleichstromwiderstand der Haut bei Schweißausbruch" Z. exp. Med. 109, 585 (1941)

(23) BROWN, A. S. zit. n. RUTENFRANZ: Internat. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 16, 152 (1955)

(24) BROWN, F. M. and BRUESCH, S. R. "Patterns of increased electrical skin resistance in acute human poliomyelitis" Arch. Neur. and Psych. 62, 766 (1949)

(25) BRÜCKE, F. "Zur Physiologie der vegetativen Innervation der Haut" Acta neuroveg. 18, 203 (1958)

(26) BRUN, R. M. zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(27) CHALMERS, T. M. and KEELE, C. A. "The nervous and chemical control of sweating" Brit. J. Dermat. 64, 43 (1952)

(28) CLARA, M. "Das Nervensystem des Menschen" Leipzig 1953

(29) CROON, R. "Elektro-Neuraldiagnostik" Acta neuroveg. 5, 352 (1953)

(30) DALE, H. H. "Nomenclature of fibres in the autonomic system and their effects" J. of Physiol. 80, 10 P (1934)

(31) DALE, H. H. and FELDBERG, W. "The chemical transmission of secretory impulses to the sweat glands of the cat" J. of Physiol. 82, 121 (1934)

(32) DANIELCZYK, W. und LOEB, L. "Über das Verhalten des el. HW bei Lähmungen" Acta neuroveg. 19, 84 (1958)

(33) DARROW, C. W. "Galvanic skin-reflex and finger volume changes" Am. J. Phys. 88, 219 (1929)

(34) DASKALOV, D., MARKOV, M. und MILAROV, E. — zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(35) DIECKMANN, Gertrud — "Über die vegetative Nahrungsrhythmik des Kleinkindes" Diss. Münster 1944

(36) DIEHL, F. — "Studien zur Permeabilität der menschlichen Haut unter verschiedenen Bedingungen und bei Erkrankungen der Schilddrüse" Z. exp. Med. 100, 145 (1937)

(37) DU BOIS-REYMOND, E. — "Untersuchungen über die tierische Elektrizität" Berlin 1849 und 1884, Bd. 2_{1} u. 2

(38) DUGGE, M. — "Erhöhter elektrischer Körperwiderstand ein Zeichen für Vagotonie bei Barometersturz oder Föhn?" Schweiz. Med. Wschr. 1928, 614

(39) EBBECKE, U. — "Die lokale galvanische Reaktion der Haut" Pflügers Arch. 190, 230 (1921)

(40) EBBECKE, U. — "Arbeitsweise der Schweißdrüsen und sudomotorischer Reflex bei unmittelbarer Beobachtung mit Lupenvergrößerung" Pflügers Arch. 253, 333 (1951)

(41) ELLIOT, T. R. — zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(42) ENSTE, W. und MEYER, W. — "Ergebnisse elektrodermatographischer Untersuchungen an Schizophrenen" Nervenarzt 24, 300 (1953)

(43) ESPADALER MEDINA, J. M. — "La résistance électrique de la peau chez les poliomyélitiques" Confinia Neurol. 13, 143 (1953)

(44) FORELL, M. — "Untersuchungen über das EDG bei durch zentralnervösen Reiz ausgelösten vegetativen Reaktionen" Z. exp. Med. 117, 171 (1951)

(45) FORSGREN, E. "Über die rhythmische Funktion der Leber u. ihre Bedeutung für den KH-Stoffwechsel bei Diabetes und für die Insulinbehandlung" Klin. Wschr. 8, 1110 (1929)

(46) FREEMANN, G. L. and DARROW, C. W. zit. n. BORNEMANN: Med. Welt 15, 1020 (1941)

(47) FRICKE, F. "Persönlichkeitstypus und Gewebsfunktion" (Untersuchungen über d. Beziehung zwischen dem el. Gleichstromwiderstand d. Haut und dem Persönlichkeitstypus) Z. Psychol. 134, 62 (1935)

(48) GÄRTNER zit. n. SILVA u. PESCAROLO: Dtsch. Arch. f. klin. Med. 47, 329 (1890) und zit. n. EBBECKE: Pflügers Arch. 190, 230 (1921)

(49) GEBELEIN, H. und HEITE, H. J. "Statistische Urteilsbildung" Berlin 1951

(50) GERNAND, K. "Untersuchungen über die Verwendbarkeit des el. Hautleitwertes (EDG) in der klinischen Diagnostik" I. Mitteilung: Beitrag zur Methodik und Theorie des EDG Ärztl Wschr. 12, 11 (1957)

(51) GERNAND, K. II. Mitteilung: Elektrischer Hautleitwert und Lungentuberkulose, ein Beispiel für viscero-cutane Wechselbeziehungen bei Erkrankungen innerer Organe. Ärztl. Wschr. 12, 139 (1957)

(52) GERNAND, K. III. Mitteilung: Der Einfluß meteorotroper Faktoren auf den elektrischen Hautleitwert. Ärztl. Wschr. 12, 26 (1957)

(53) GERSTNER, H. "Statistische Untersuchungen über den Wechselstromwiderstand der menschlichen Haut im Tonfrequenzgebiet" Pflügers Arch. 250, 125 (1948)

(54) GILDEMEISTER, M. "Über die im tierischen Körper bei elektrischen Durchströmung entstehenden Gegenkräfte" Pflügers Arch. 149, 389 (1912)

(55) GILDEMEISTER, M. "Über elektrischen Widerstand, Kapazität und Polarisation der Haut" Pflügers Arch. 176, 84 (1919)

(56) GILDEMEISTER, M. "Die passiv-elektrischen Erscheinungen im Tier- und Pflanzenreich" Handbuch d. norm. u. path. Physiol. Bd. VIII/2 (1928)

(57) GILDEMEISTER, M. "Die Elektrizitätserzeugung der Haut und der Drüsen" Handbuch d. norm. u. path. Phys. Bd. VIII/2 S. 766 ff. (1928)

(58) GOUGEROT, L. "Recherches sur l'impédance cutanée en courant alternatif de basse fréquence au cours de différentes dermatoses" Ann. de Dermat. VIII, 7, 101 (1947)

(59) GRAF, O. "Erforschung der geistigen Ermüdung und nervösen Belastung. Studien üb. d. veg. 24-Std.-Rhythmik in Ruhe und unter Belastung." Forschungsberichte d. Wirtschafts- u. Verkehrsminist. Nordrhein-Westf. 113 (1955)

(60) GRATZL, K. und MARTIN, U. "Das Vegetonogramm" Med. Monatsschr. 6, 507 (1952)

(61) GRÜNINGER, U., KLÜKEN, N. und MERKLE, G. "Beobachtungen über die Wirkungen von Solbädern auf das EDG und die Hauttemperatur der Kinder" Arch. f. physik. Ther. 7, 183 (1955)

(62) GUTTMANN, L. "Die nervösen Leitungsbahnen der Schweißsekretion beim Menschen" Z. f. Nervenheilkunde 107, 61 (1929)

(63) GUTTMANN, L. "Über reflektorische Beziehung zwischen Viscera und Schweißdrüsen und ihre Bedeutung bei Erkrankungen innerer Organe (der viscero-sudorale Reflex)" Confinia Neur. 1, 296 (1938)

(64) HAIMOVICI, H. zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(65) HEINICKE, H. und HEIDELMANN, G. "Akrale HW-Messungen zur Erkennung trophischer Störungen bei Angioorganopathien" Z. f. Kreislaufforschg. 46, 527 (1957)

(66) HEINZE, H. "Die Eignung des psycho-galvanischen Hautreflexes zur objektiven Erfassung eines Ermüdungsvorganges" Psychol. Beiträge 2, 98 (1955)

(67) HEITBAUM, H. "Neue Aufgaben der Industriepsychologie" Psychologie u. Praxis 1, 89 (1956)

(68) HELLBRÜGGE, Th. und RUTENFRANZ, J. "Schichtunterricht und Leistungsbereitschaft" Münchn. Med. Wschr. 98, 1713 (1956)

(69) HELLBRÜGGE, Th., LANGE, J. u. RUTENFRANZ, J. "Über die Entwicklung von tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz im Kindesalter" Z. f. Kinderheilkunde 78, 703 (1956)

(70) HELLBRÜGGE, Th., LANGE, J. und RUTENFRANZ, J. "Schlafen und Wachen in der kindlichen Entwicklung" Beih. z. Arch. f. Kinderheilk. Heft 39 Enke-Verlag Stuttgart 1959

(71) HENRYSSON, S., HASELOFF, O. W. und HOFFMANN, H. J. "Kleines Lehrbuch der Statistik" Berlin 1960

(72) HENGSSGE, E. "Die Messung des Körperwiderstandes bei Anwendung des galvanischen Stromes" Psychologie u. Med. 2, 137 (1927)

(73) HESS, W. R. "Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems" Basel 1948

(74) HILDEBRANDT, G., ENGELBERTZ, P. und HILDEBRANDT-EVERS, G. "Physiologische Grundlagen für eine tageszeitliche Ordnung der Schwitzprozeduren" Z. klin. Med. 152, 446 (1954)

(75) HIRSCHBERGER, M. und REITER, R. "Wettervorgänge und Sonneneruptionen beeinflussen den el. HW" Dtsch. Med. Wschr. 78, 1640 (1953)

(76) HURLEY, H. J. and MESCON, H. zit. n. RUTENFRANZ: Der Hautarzt 9, 289 (1958)

(77) JABONERO, V. "Mikroskopische Studien über die Morphologie und die Morphopathologie der vegetativen Innervation der menschlichen Haut" Acta neuroveg. 18, 66 (1958)

(78) JASPER, H. zit. n. RUTENFRANZ: Hautarzt 9, 289 (1958)

(79) JASPER, H. and ROBB, P. zit. n. RUTENFRANZ: Hautarut 9, 289 (1958)

(80) JOLLY, F. "Untersuchungen über den elektrischen Leitungswiderstand des menschl. Körpers" Straßburg 1884 (Festschrift)

(81) JONES, H. E. zit. n. PEIPER, A.: "Das Nervensystem" in BROCK, J.: "Biologische Daten für den Kinderarzt" Berlin 1954

(82) JORES, A. "Physiologie und Pathologie der 24-Stunden-Rhythmik des Menschen" Erg. inn. Med. 48, 574 (1935)

(83) JUNG, R. "HW-Messung und galvanischer Hautreflex" Handbuch d. inn. Med. V/1, 1413 (1953)

(84) KEIL, K. "Handwörterbuch der Meteorologie" Frankfurt 1950

(85) KELLER, Ph. "Elektrophysiolog. Untersuchungen an der gesunden und erkrankten Haut. Die Bedeutung des Konzentrationseffektes" Klin. Wschr. 1929, 1081

(86) KELLER, Ph. "Der Einfluß der körperlichen Anstrengung auf das elektrische Potential der Haut" Klin. Wschr. 1931, 392

(87) KELLER, Ph. "Grund- und Tonuspotentiale der menschlichen Haut" Arch. f. Dermat. u. Syph. 162, 582 (1931)

(88) KLEINSORGE, H. "Zur Behandlung der vasovegetativen Dystonie" Med. Klinik 48, 1822 (1953)

(89) KLEINSORGE, H. und STRAUBING, S. "Kritische experimentelle Untersuchungen über den Wert des EDG zur Bestimmung der vegetativen Tonuslage" Z. inn. Med. 11, 854 (1956)

(90) KOLLER, S. "Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen" Dresden u. Leipzig 1940

(91) KOSUGE, T. zit. n. KUNO: "Human perspiration" 1956

(92) KÖTSCHAU, K. "Über Hautkapazitätsmessungen" Z. exp. Med. 91, 764 (1933)

(93) KRAUSE, R. A., STORZ, H. und VOELKEL, A. "Gleichstrommessungen an der menschlichen Haut" Z. exp. Med. 121, 66 (1953)

(94) KRAUSE, R. A., STORZ, H. und VOELKEL, A. "Gleichstrommessungen an der menschl. Haut bei Quellung und Entquellung des Gewebes" Klin. Wschr. 1957, 674

(95) KUNO, Y. "Human perspiration" Springfield, Ill.: Ch. C. Thomas 1956

(96) LANGE, J. "Über die Entwicklung einer Tagesperiodik verschiedener Körperfunktionen unter besonderer Berücksichtigung der Pulsfrequenz, der Schlaf-Wach-Verteilung und der Körpertemperatur." Diss. München 1957

(97) LEVA, J. — zit. n. GILDEMEISTER: Handb. d. norm. u. path. Phys. VIII/2, 766 (1928)

(98) LEVINE, M. — "Measurement of electrical skin resistance" Arch. of Neur. 29, 828 (1933)

(99) LULLIES, H. — "Methoden zur Messung des Widerstandes und der Polarisation von Geweben" Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden Abt. V, Teil 5 A, H. 7, 1171 (1932)

(100) MARK, R. E. — "Vegetative Reaktionen der Haut bei inneren Erkrankungen" Acta neuroveg. 18, 388 (1958)

(101) MASUI, I. — zit. n. KUNO: "Human perspiration" 1956

(102) MEISSNER, H. — "Untersuchungen über den el. HW nach See- und Sonnenbädern" Z. klin. Med. 128, 12 (1935)

(103) MENZEL, W. — "Über den heutigen Stand der Rhythmenlehre in bezug auf die Medizin" Z. f. Altersforschg. 6, 26 u. 104 (1952)

(104) MINOR, L. — "Über erhöhten el. HW bei traumatischen Affektionen des Halssympathicus" Z. f. ges. Neur. u. Psych. 85, 482 (1923)

(105) MUNK — zit. n. REIN: Handb. d. Haut- u. Geschl. kr. Bd. I, 2 (1929)

(106) NESSWETHA, W. — "Elektrodermatogramm und vegetatives Nervensystem" Klin. Wschr. 1953, 541

(107) NIGGESCHMIDT, W. — "Über die Tagesrhythmik des elektrischen Widerstandes der Haut bei Kindern" Diss. München 1958

(108) NYBERG, W., ÖSTLING, G. und GASSTRÖM, R. V. — zit. n. RUTENFRANZ: Hautarzt 9, 289 (1958)

(109) OBERHOFF, P. — "Über den Blutdruck im Kleinkindes- und Schulalter und seine tagesperiodischen Veränderungen" Diss. München 1958

(110) OSTROP, M. "Zur Frage des Verhaltens von Pulsfrequenz und EDG bei leichter und mittelschwerer Arbeit" Diss. Münster 1955

(111) PEIPER, A. "Untersuchungen über den galvanischen Hautreflex (psychogalv. Reflex) im Kindesalter" Jahrb. f. Kinderheilk. 107, 139 (1924)

(112) PERRY, D. J. and MOUNT, G. E. zit. n. RUTENFRANZ: Hautarzt 9, 289 (1958)

(113) PERUTZ, A. "Die Pharmakologie der Haut" Handb. d. Haut- u. Geschlechtskr. Bd. 5, 1 (1930)

(114) POUILLET zit. n. GILDEMEISTER: Handb. d. norm. u. path. Phys. VIII/2 (1928)

(115) PRILL, H. J. "Elektrodermatogramm-Untersuchungen bei Wöchnerinnen und Neugeborenen" Zbl. f. Gynäk. 6, 230 (1957)

(116) QUENSEL, W. "Über Messungen der Polarisationskapazität der Haut" Z. exp. Med. 94, 394 (1934)

(117) RANDALL, W. C., DEERING, R. and DAUGHERTY, I. zit. n. RUTENFRANZ: Hautarzt 9, 289 (1958)

(118) RAUCH, F. "Die elektrische Leitfähigkeit der menschlichen Haut" Z. klin. Med. 130, 338 (1936)

(119) REGELSBERGER, H. "Über den Galvanismus der menschl. Haut" Z. exp. Med. 42, 159 (1924)

(120) REGELSBERGER, H. "Tagesrhythmik und Reaktionstypen des Polarisationswiderstandes der menschl. Haut" Z. exp. Med. 70, 438 (1930)

(121) REGELSBERGER, H. "Grundsätzliches über Polarisationsmessungen an der menschlichen Haut" Z. exp. Med. 76, 635 (1931)

(122) REGELSBERGER, H. "Das Elektrodermatogramm"
Klin. Wschr. 1931, 1244

(123) REGELSBERGER, H. "Die vegetative Nahrungsrhythmik und ihre klinische Bedeutung"
Klin. Wschr. 1940, 1

(124) REGELSBERGER, H. "Der bedingte Reflex und die vegetative Rhythmik des Menschen dargestellt am EDG"
Acta neuroveg. /Suppl. I Wien 1952

(125) REGELSBERGER, H. und HAIN, B. "Die automatische Registrierung des EDG"
Acta neuroveg. 13, 112 (1956)

(126) REGELSBERGER, H. und SEYDEWITZ, H. O. "Frühdiagnose von Leberstörungen mit Hilfe des EDG"
Medizinische 1957, 1743

(127) REGELSBERGER, H. und WEISSER, L. "Das EDG bei Erkrankungen der Gallenblase und der Gallenwege unter bioptischer Kontrolle"
Acta neuroveg. 20, 383 (1960)

(128) REGELSBERGER, H. S. jr. "Führt eine Störung der vegetativen Rhythmik zu trophischen Gewebsdefekten?"
Acta neuroveg. 8, 119 (1953)

(129) REIN, H. "Zur Elektrophysiologie der menschl. Haut"
II. Untersuchungen über den Gleichstromwiderstand.
Z. Biol. 84, 118 (1926)

(130) REIN, H. "Die Elektrophysiologie der Haut"
Handb. d. Haut-u. Geschlechtskr. Bd. I/2(1929)

(131) REMAK, R. "Galvanotherapie der Muskel- und Nervenkrankheiten"
Berlin 1858

(132) RICHTER, C. P. "The significance of changes in the electrical skin resistance of the body during sleep"
Proc. Nat. Acad. Sci. USA 12, 214 (1926)

(133) RICHTER, C.P. "The electrical skin resistance" Diumal and daily variations in Psychopathic and in normal Persons Arch. of Neur. and Psych. 19,488 (1928)

(134) RICHTER, C.P. "Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin" Am. J. Physiol. 88,596 (1929)

(135) RICHTER, C.P. "High electrical resistance of the skin of new-born infants and its significance" Am. J. Dis. Childr. 40,18 (1930)

(136) RICHTER, C.P. and MALONE, P.D. zit. n. RUTENFRANZ: Hautarzt 9,289 (1958)

(137) ROTHMAN, St. "Physiology and Biochemistry of the skin" Chicago 1954

(138) RUTENFRANZ, J. "Zur Frage einer Tagesrhythmik des el. HW beim Menschen" Internat. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphys. 16,152 (1955)

(139) RUTENFRANZ, J. "Der Widerstand der Haut gegenüber schwachen elektrischen Strömen" Der Hautarzt 9,289 (1958)

(140) RUTENFRANZ, J. in Vorbereitung

(141) RUTENFRANZ, J., HELLBRÜGGE, Th. und NIGGESCHMIDT, W. "Über die Tagesrhythmik des el. HW bei 11-jährigen Kindern" Z. Kinderheilk. 78, 144 (1956)

(142) RUTENFRANZ, J. und WENZEL, H.G. "Über quantitative Zusammenhänge zwischen Wasserabgabe, Wechselstromwiderstand und Kapazität der Haut bei körperlicher Arbeit und unter verschiedenen Raumtemperaturen" Internat. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 17,155 (1958)

(143) SAVIANO, M. "Beeinflussung des Hautwiderstandes durch körperliche Arbeit" Arbeitsphysiologie 10,324 (1938)

(144) SCHAEFER, H. "Elektrophysiologie" Bd. I/II Wien 1940/1942

(145) SCHIESSL, G. "Über tagesperiodische Veränderungen des Blutzuckers bei Schulkindern" Diss. München 1959

(146) SCHMIDTKE, H. "Psychische Ermüdung" Zbl. Arb. -Wiss. 11, 17 (1957)

(147) SCHUSTER, U. "Das EDG und das Hypnokinegramm in ihrer Beziehung zur Schlaftiefe" Diss. München 1955

(148) SEIDL, E. "Über tagesrhythmische Veränderungen der Körpertemperatur im Kindesalter" Diss. München 1958

(149) SELBACH, H. und WENDE, S. "Elektrodermatometrie mit Druck-Kontakt-Elektroden" Arch. f. Psych. u. Z. Neur. 186, 577 (1951)

(150) SILVA, B. und PESCAROLO, B. "Beobachtungen über den el. Leitungswiderstand des menschl. Körpers in normalem und pathologischem Zustand" Dtsch. Arch. f. klin. Med. 47, 329 (1890)

(151) STOLLBERG, Th. "EDG-Diagnostik im Kindesalter unter bes. Berücksichtigung der vegetativen Tonuslage und ihre Beeinflussung durch vegetativ wirksame Pharmaka" Diss. Hamburg 1955

(152) STORZ, H. und VOELKEL, A. "Über den polarisatorischen Widerstand der menschl. Haut nach Elektrolytbelastung" Arch. exp. Path. u. Pharm. 224, 13 (1955)

(153) STRAUSS, W. "Über eine neue Methode zur Messung körperlicher Ermüdung" Klin. Wschr. 1927, 483

(154) STRAUSS, W. und MÜLLER, C. "Über den Bestandstrom des menschlichen Körpers" Klin. Wschr. 1929, 483

(155) STURM, A. "Dermatom-Reaktionen bei inneren Krankheiten"
Acta neuroveg. 18, 396 (1958)

(156) STURM, A. und LUDWIGS, N. "Untersuchungen zur diagnostischen Brauchbarkeit von Wechselstrommessungen an der Körperoberfläche in der Elektro-Neural-Diagnostik Croon's"
Acta neuroveg. 10, 289 (1954)

(157) SÜRING, R. "Leitfaden der Meteorologie"
Leipzig 1927

(158) TARCHANOFF, J. "Über die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizungen der Sinnesorgane und bei verschiedenen Formen der psychischen Tätigkeit"
Pflügers Arch. 46, 46 (1890)

(159) THOMAS, P.E. and KORR, J.M. "Relationship between sweat-gland activity and electrical skin resistance"
J. appl. Physiol. 10, 505 (1957)

(160) THOMAS, P.E., KORR, J.H. and WRIGHT, H.M. "A mobile Instrument for Recording Electrical Skin Resistance Patterns of the Human Trunk"
Acta neuroveg. 17, 97 (1958)

(161) VERAGUTH, O. "Das psychogalvanische Reflexphänomen"
Berlin 1909

(162) VIGOUROUX, R. zit. n. GILDEMEISTER: Handb. d. norm. u. path. Phys. VIII/2 (1928)

(163) WAGNER, H.N. Jr. "Electrical skin resistance studies in two persons with congenital absence of sweat glands"
Arch. of Dermat. and Syph. 65, 543 (1952)

(164) WAGNER, H. "Die Beobachtung der vegetativen Reizbeantwortung durch Hautwiderstandsmessungen"
Ärztl. Forschg. 10(I), 123 (1956)

(165) WALLER, A.D. "Concerning Emotive Phenomena" Part II: Periodic Variations of Conductance of the palm of the human hand.
Proc. Roy. Soc. London 91, 17 (1919)

(166) WEBER, E. zit. n. GILDEMEISTER: Handb. d. norm. u. path. Phys. VIII/2 (1928)

(167) WELLS zit. n. RICHTER: Am. J. Phys. 88, 596 (1929)

(168) WESTPHAL, W. "Physikalisches Wörterbuch" Springer-V. Berlin 1952

(169) WHELAN, F. G. "An instrument for use in measuring electrical resistance of the skin" Science (Lancaster, Pa.) 111, 496 (1950)

(170) ZACH F. St. "Die Möglichkeit der Darstellung vegetativer Funktionen auf elektrischem Wege" I. Mitteilung Wien. med. Wschr. 1952, 52

(171) ZACH, F. St. "Die Möglichkeit der Darstellung vegetativer Funktionen auf elektrischem Wege" II. Mitteilung (Schluß) Wien. med. Wschr. 1952, 73

(172) ZINNITZ, F. und KÖLWEL, E. "Die analgetische Wirkung im EDG" Med. Wschr. 8, 385 (1954)

NACHWORT

Herrn Professor Dr. Th. Hellbrügge von der Universitäts-Kinderpoliklinik München, auf dessen Veranlassung hin diese Arbeit entstand, bin ich für seine wohlwollende Betreuung und Förderung zu großem Dank verpflichtet.

Ebenfalls danken möchte ich Herrn Dr. Dr. J. Rutenfranz von der Kinderpoliklinik München für die Vermittlung der Meßgeräte und für wertvolle Ratschläge bei der Durchführung der Arbeit und der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Mein Dank gilt ferner dem Direktor der I. Universitäts-Frauenklinik München, Herrn Professor Dr. W. Bickenbach, dem Direktor der Orthopädischen Klinik München-Harlaching, Herrn Professor Dr. M. Lange, sowie dem ärztlichen Leiter des Säuglingsheims der Schwestern vom Blauen Kreuz München, Herrn Dr. H. Schmidt-Burgk, für ihre Unterstützung bei den Untersuchungen.

Dem Direktor der Universitäts-Kinderpoliklinik München, Herrn Professor Dr. G. Weber, danke ich für die Übernahme des Korreferates.

LEBENSLAUF

Am 5. Oktober 1930 wurde ich als Sohn des Kriminal-Oberkommissars Friedrich Stotz und seiner Ehefrau Berta, geb. Störk, in Ravensburg geboren.

Von 1937 - 1941 besuchte ich die Volksschule und von 1941 - 1947 die Graf Zeppelin-Oberschule in Friedrichshafen. 1947 wechselte ich in das humanistische Spohngymnasium in Ravensburg über und erhielt dort im Juni 1950 das Reifezeugnis.

Vom Wintersemester 1950/51 bis zum Wintersemester 1951/52 studierte ich an der Universität Tübingen und im Sommersemester 1952 an der Universität München Theologie.

Für das Wintersemester 1952/53 schrieb ich mich in die medizinische Fakultät der Universität München um und legte hier im Februar 1955 die ärztliche Vorprüfung ab. Während des klinischen Studiums war ich an den Universitäten Freiburg/Breisgau und München immatrikuliert. Am 17. Juli 1958 bestand ich in München das medizinische Staatsexamen.

Seit 1. Oktober 1958 war ich in München an der Universitäts-Kinderpoliklinik, an der Orthopädischen Universitätspoliklinik, an der I. Medizinischen Universitätsklinik, an der I. Universitätsfrauenklinik und an der Maria Theresia-Klinik als Medizinalassistent tätig.